



TUGAS AKHIR – MO 141326

**ANALISIS TEGANGAN LOKAL PADA *SWIVEL MULTI
LEG ANCHOR MOORING***

Claudio Cendekiawan

NRP. 4313 100 093

Dosen Pembimbing:

Ir. Murdjito, M.Sc., Eng.

Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D.

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017



FINAL PROJECT – MO 141326

LOCAL STRENGTH ANALISYS ON SWIVEL OF MULTI LEG ANCHOR MOORING

Claudio Cendekiawan

NRP. 4313 100 093

Supervisors :

Ir. Murdjito, M.Sc., Eng.

Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D.

Department of Ocean Engineering

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017

“Analisis Tegangan Lokal pada Swivel Multi Leg Anchor Mooring”

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi
Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

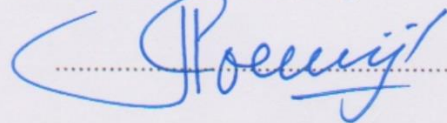
Oleh :

Claudio Cendekiawan

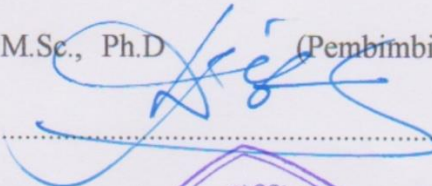
NRP 4313100093

Disetujui Oleh :

1. Ir. Murdjito, M.Sc., Eng. (Pembimbing 1)



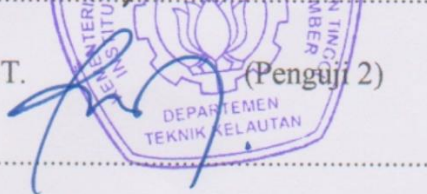
2. Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D (Pembimbing 2)



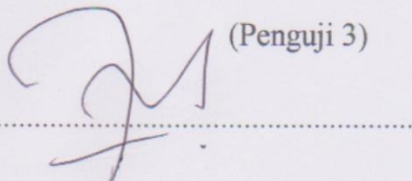
3. Ir. Mas Murtejo M.Eng (Penguji 1)



4. Dr.Eng. Rudi Walujo P., S.T., M.T. (Penguji 2)



5. Sujantoko, S.T., M.T. (Penguji 3)



Surabaya, Juli 2017

ANALISIS TEGANGAN LOKAL PADA *SWIVEL MULTI LEG ANCHOR MOORING*

Nama Mahasiswa : Claudio Cendekiawan

NRP : 4313100093

Departemen : Teknik Kelautan

Dosen Pembimbing : Ir. Murdjito, M.Sc., Eng

Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D

ABSTRAK

Single Point Mooring (SPM) merupakan salah satu fasilitas sistem tambat yang penting untuk menjaga kapal tetap pada posisinya. Salah satu jenis dari SPM adalah *Multi Leg Anchor Mooring* (MLAM). MLAM dilengkapi dengan *buoy*, *link plate*, *anchor lines*, dan *sinker line*. Pada penelitian ini MLAM ini menambat sebuah *storage tanker* dengan kapasitas 120.000 DWT. Didapatkan perilaku gerak *storage tanker* dengan gerakan maksimum surge 0.968 m/m kondisi *ballast load*, sedangkan gerakan maksimum heave 0.997 m/m kondisi *full load* dan gerakan pitch 0.716 m/m pada kondisi *full load*. Hasil dari *tension* tiap *mooring line* pada kondisi kapal *full load* lebih besar dari kondisi kapal *ballast load*. *Tension* maksimum yang digunakan untuk menganalisis *swivel* antara lain 990.78 kN untuk posisi A, 2439.76 kN untuk posisi B, dan 2382.26 kN untuk posisi C. Analisis tegangan lokal *swivel* dengan variasi letak posisi *swivel* didapatkan *swivel* A (diatas *buoy*) yang memiliki tegangan *von mises* yang terkecil sebesar 262.14 MPa dan deformasi maksimum 0.288 mm. Menurut ABS *swivel* A termasuk posisi yang aman dikarenakan tegangan yang diperoleh tidak melebihi dari 90% *yield stress* dari *grade* R3. Sedangkan tegangan lokal *swivel* pada posisi B memiliki tegangan *von mises* sebesar 755.41 MPa dengan deformasi maksimum 1.178 mm dan *swivel* C memiliki tegangan *von mises* sebesar 684.42 MPa dengan deformasi maksimum 0.8 mm.

Kata Kunci : Tali Tambat, MLAM, Swivel, Tegangan von Mises

LOCAL STRENGTH ANALISYS ON SWIVEL OF MULTI LEG ANCHOR MOORING

Author : Claudio Cendekiawan

NRP : 4313100093

Department : Ocean Engineering

Supervisors : Ir. Murdjito, M.Sc., Eng

Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D

ABSTRACT

Single Point Mooring (SPM) is one of the mooring facilities. Mooring function to keep the vessel in position. One type of SPM is Multi Leg Anchor Mooring (MLAM). MLAM consist of buoy, link plates, anchor lines, and sinker lines. In this study MLAM is moored by storage tanker with a capacity of 120,000 DWT. Motion response of storage tanker with maximum surge motion 0.968 m/m at ballast load condition, while maximum heave motion 0.997 m / m at full load condition and pitch motion 0.716 m / m at full load condition. The result of the tension of each mooring line on the condition of the full load storage tanker is greater than the condition of the ballast load storage tanker. The maximum tension used for analyzing the swivel is 990.78 kN for swivel A, 2439.76 kN for swivel B, and 2382.26 kN for swivel C. Result local stress analysis of swivel A is 262.14 MPa and maximum deformation 0.288 mm. According to ABS, swivel A has a local stress below the allowable stress 90% of the yield stress. While swivel B and swivel C have a local stress exceeds the allowable stress. local stress swivel B that happened is 755.41 MPa with a maximum deformation of 1.178 mm and local stress swivel C that happened is 684.42 MPa with a maximum deformation of 0.8 mm.

Key words : Mooring, MLAM, Swivel, von Mises stress

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan lancar. Serta tidak lupa salawat serta salam penulis panajatkan kepada junjungan serta suri tauladan kita Rasulullah Muhammad SAW

Tugas Akhir ini berjudul “Analisis Tegangan Lokal pada *Swivel Multi Leg Anchor Mooring*”. Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tugas akhir ini membahas tentang bagaimana kekuatan swivel ketika menahan beban maksimum ketika divariasikan letak posisi swivel pada sistem tambat multi leg anchor mooring

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini banyak sekali kekurangannya dan masih belum sempurna dalam pembuatannya maka dari itu disini penulis berharap agar mendapatkan saran dan kritik dari para pembaca agar tugas akhir ini dapat disempurnakan dalam penelitian selanjutnya. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi kelautan, serta bagi para pembacanya dan terutama bagi penulis sendiri

Surabaya, 2017

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam pengerjaan Tugas Akhir hingga selesainya Tugas Akhir ini . Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberi kesehatan penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Rachmad Ahadi dan Erma Zubaidah, selaku orang tua yang selalu mendoakan dan memberi semangat untuk menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Ir. Murdjito, M.Sc., Eng. selaku dosen pembimbing I dalam tugas akhir.
4. Bapak Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Eng. selaku dosen pembimbing II dalam tugas akhir.
5. Bapak Dr. Eng Rudi Waluyo Prastianto, S.T, M.T selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan arahan dan nasihat selama 4 tahun ini, sehingga menjadi mahasiswa yang lebih baik.
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Kelautan ITS yang telah memberikan ilmu dan fasilitas kepada penulis selama perkuliahan.
7. Seluruh teman-teman angkatan 2013 Departemen Teknik Kelautan “VALTAMERI” L31 – P53 yang selalu saling mendukung satu sama lain untuk menyelesaikan perkuliahan.
8. Teman-teman bimbingan dari Bapak Ir. Murdjito, M.Sc., Eng.dan Bapak Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Eng. yang selalu memberi masukan dan bertukar pikiran dalam penyelesaian tugas akhir ini.
9. Teman-teman “DUROH” yang selalu menghibur dan penghilang kejenuhan penulis.

Serta semua pihak yang telah membantu namun tidak bisa saya sebutkan satupersatu. Terima kasih atas bantuan, motivasi dan doanya sehingga saya mampu maju hingga sejauh ini dan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Allah melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua. Amin

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	3
1.3 TUJUAN	3
1.4 MANFAAT	3
1.5 BATASAN MASALAH	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.2 DASAR TEORI.....	7
2.2.1 Sistem Tambat.....	7
2.2.2 <i>Multi Leg Anchor Mooring (MLAM)</i>	7
2.2.3 Teori Gerak Bangunan Apung	8
2.2.4 Gerakan <i>Coupled Six Degree of Freedom</i>	9
2.2.5 Konsep Pembebanan	11
2.2.6 Komposisi Beban Lingkungan.....	12

2.2.7	Spektrum Gelombang.....	13
2.2.8	Analisis Dinamis	15
2.2.9	Perhitungan Panjang Minimum <i>Mooring Line</i>	15
2.2.10	Tension pada <i>Mooring Line</i>	16
2.2.11	Tegangan Normal.....	17
2.2.12	Tegangan Lentur (<i>Bending</i>)	18
2.2.13	Tegangan Geser (<i>shear</i>)	18
2.2.14	Tegangan <i>Von-Mises</i>	19
BAB III METODOLGI PENELITIAN		21
3.1	DIAGRAM ALIR.....	21
3.2	PENJELASAN DIAGRAM ALIR.....	23
3.3	PENGUMPULAN DATA.....	24
3.3.1	Data Storage Tanker.....	24
3.3.2	Data <i>Buoy</i>	25
3.3.3	Data <i>mooring line & hawser properties</i>	25
3.3.4	Data <i>Metoccean</i>	27
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		29
4.1	PEMODELAN <i>STORAGE TANKER</i>	29
4.2	ANALISI RESPON GERAK <i>STORAGE TANKER</i> TERAPUNG BEBAS.....	32
4.3	ANALISIS <i>TENSION</i> MAKSIMUM PADA <i>MULTI LEG ANCHOR MOORING</i>	35
4.4	PEMODELAN FINITE ELEMENT SWIVEL	38
4.5	TUMPUAN STRUKTUR <i>SWIVEL</i>	41
4.6	MESHING SENSITIVITY	43
4.7	ANALISIS TEGANGAN LOKAL <i>SWIVEL</i> DENGAN <i>SOFTWARE ANSYS</i>	47

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 KESIMPULAN	51
5.2 SARAN	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN A - Pemodelan Storage Tanker dengan MOSES	
LAMPIRAN B - Response Amplitude Operator (RAO) Storage Tanker	
LAMPIRAN C - Hasil Tension dari software Orcaflex	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Single Point Mooring</i>	2
Gambar 1.2 Contoh <i>Swivel</i>	2
Gambar 2.1 Konfigurasi <i>Multi Leg Anchor Mooring</i>	8
Gambar 2.2 Gerakan Translasional dan rotasional pada bangunan apung	9
Gambar 2.3 Gaya-gaya yang terjadi pada <i>mooring system</i>	12
Gambar 2.4 Panjang <i>minimum mooring lines</i>	16
Gambar 2.5 Ilustrasi tegangan normal	18
Gambar 2.6 Tegangan Lentur pada suatu penampang	18
Gambar 2.7 Gaya geser pada balok.....	19
Gambar 2.8 Tegangan <i>Von Mises</i> pada suatu penampang	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3.2 Peta lokasi operasi di Selat Bangka.....	27
Gambar 4.1 <i>Storage Tanker</i> tampak isometri menggunakan Maxsurf Modeler....	29
Gambar 4.2 <i>Storage Tanker</i> tampak samping menggunakan Maxsurf Modeler ...	29
Gambar 4.3 <i>Storage Tanker</i> tampak depan menggunakan Maxsurf Modeler	30
Gambar 4.4 <i>Storage Tanker</i> tampak atas menggunakan Maxsurf Modeler.....	30
Gambar 4.5 <i>Storage Tanker</i> tampak samping hasil software Moses	30
Gambar 4.6 <i>Storage Tanker</i> tampak depan hasil software Moses	30
Gambar 4.7 Grafik RAO <i>Surge Storage Tanker</i>	33
Gambar 4.8 Grafik RAO <i>Heave Storage Tanker</i>	33
Gambar 4.9 Grafik RAO <i>Pitch Storage Tanker</i>	34
Gambar 4.10 Pemodelan <i>Multi Leg Anchor Mooring</i> Tampak Samping	35
Gambar 4.11 Pemodelan <i>Multi Leg Anchor Mooring</i> Tampak Atas	36

Gambar 4.12 Desain dan ukuran <i>swivel</i>	39
Gambar 4.13 Desain <i>swivel</i> tampak samping	39
Gambar 4.14 Desain <i>swivel</i> tampak atas	40
Gambar 4.15 Desain <i>swivel</i> tampak isometri	40
Gambar 4.16 Variasi Perletakkan lokasi <i>swivel</i>	41
Gambar 4.17 Pembebanan pada struktur <i>swivel</i>	42
Gambar 4.18 <i>Meshing</i> pada struktur <i>swivel</i>	43
Gambar 4.19 <i>Stress Probe</i> pada struktur <i>swivel</i>	44
Gambar 4.20 Grafik kerapatan <i>meshing</i> pada <i>swivel</i> A	44
Gambar 4.21 Grafik kerapatan <i>meshing</i> pada <i>swivel</i> B	45
Gambar 4.22 Grafik kerapatan <i>meshing</i> pada <i>swivel</i> C	46
Gambar 4.23 Hasil tegangan maksimum <i>von mises</i> pada <i>swivel</i> posisi A	47
Gambar 4.24 Deformasi <i>swivel</i> posisi A	47
Gambar 4.25 Hasil tegangan maksimum <i>von mises</i> pada <i>swivel</i> posisi B	48
Gambar 4.26 Deformasi <i>swivel</i> posisi B	48
Gambar 4.27 Hasil tegangan maksimum <i>von mises</i> pada <i>swivel</i> posisi C	49
Gambar 4.28 Deformasi <i>swivel</i> posisi C	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data <i>Storage Tanker</i>	24
Tabel 3.2 Data <i>Buoy</i>	25
Tabel 3.3 <i>Mooring Equipment Data</i>	25
Tabel 3.4 Data <i>Hawser</i>	26
Tabel 3.5 Data Koordinat <i>Mooring Line</i>	27
Tabel 3.6 Data Koordinat <i>Hawser</i>	27
Tabel 1.7 <i>Environmental data (wave and wind)</i>	28
Tabel 3.8 <i>Environmental data (current)</i>	28
Tabel 4.1 ABS <i>Computational Modelling Acceptable Tolerances</i>	31
Tabel 4.2 Tabel Validasi <i>Storage Tanker</i> kondisi <i>Ballast Load</i>	31
Tabel 4.3 Tabel Validasi <i>Storage Tanker</i> kondisi <i>Full Load</i>	31
Tabel 4.4 Hasil <i>Tension</i> Maksimum pada <i>Multi Leg Anchor Mooring</i> kondisi <i>Full Load</i> 37	
Tabel 4.5 Hasil <i>Tension</i> Maksimum pada <i>Multi Leg Anchor Mooring</i> kondisi <i>Ballast Load</i>	37
Tabel 4.6 Hasil <i>Tension</i> Maksimum untuk Analisis Tegangan <i>Swivel</i>	38
Tabel 4.7 <i>Tension</i> maksimum tiap variasi posisi perletakkan <i>swivel</i>	41
Tabel 4.8 Mechanical Properties setiap Grade (DNV OS E302)	42
Tabel 4.9 Tabulasi variasi <i>meshing</i> pada <i>swivel A</i>	44
Tabel 4.10 Tabulasi variasi <i>meshing</i> pada <i>swivel B</i>	45
Tabel 4.12 Tabulasi variasi <i>meshing</i> pada <i>swivel C</i>	46
Tabel 4.12 Rangkuman tegangan <i>von mises</i> dari 3 posisi	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dengan berkembangnya zaman saat ini populasi manusia bertambah mengakibatkan meningkatnya kebutuhan manusia terhadap energi khususnya minyak bumi dan gas alam. Dengan bertambahnya kebutuhan energi yang dibutuhkan hal yang harus dilakukan yaitu mengeksplorasi dan mengeksploitasi sumber baru minyak bumi. Dengan berkurangnya eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi dan gas alam yang berada di darat, maka telah berkembang melakukan eksplorasi dan eksploitasi ke lepas pantai. Beralihnya eksplorasi dan eksploitasi ke lepas pantai tentu membutuhkan sarana atau teknologi yang mampu menanganinya. Sarana yang sudah berkembang saat ini yang sering digunakan untuk eksplorasi minyak bumi dan gas alam yaitu struktur terpancang (*fix structure*) dan struktur terapung (*floating structure*). Untuk saat ini dari segi ekonomis struktur terapung (*floating structure*) sangat efisien dibandingkan dengan struktur terpancang (*fix structure*) karena jika eksplorasi telah dilaksanakan struktur tersebut masih bisa digunakan untuk melakukan eksplorasi selanjutnya.

Salah satu sarana transportasi minyak dan gas struktur terapung (*floating structure*) yaitu *storage tanker* atau FSO. FSO (*Floating Storage and Offloading System*) yaitu struktur terapung yang berfungsi menyimpan dan menyalurkan minyak dan gas. Pembuatan FSO bisa lakukan dengan cara membuat baru atau mengkonversikan kapal *tanker*. Pergerakan struktur terapung sangat dipengaruhi oleh gelombang, sehingga untuk mendapatkan fungsi FSO dengan baik maka FSO harus ditambat dengan *mooring system*. Untuk masa operasi jangka pendek FSO dirasa kurang ekonomis, sehingga bisa menggunakan opsi lain mengganti FSO dengan *storage tanker*.

Ketika masa operasi sebuah *storage tanker* membutuhkan sistem tambat agar *storage tanker* tidak bergeser dan tetap berada pada posisi yang ditentukan. Fungsi dari sistem tambat ini sendiri adalah sebagai pengikat *storage tanker* yang

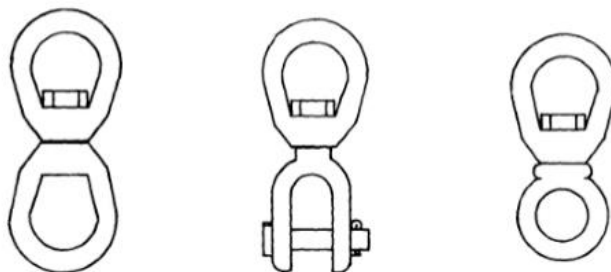
mampu menahan gaya yang diakibatkan gelombang laut. Terdapat beberapa tipe *mooring system single point mooring (SPM)*, *spread mooring*, dan *dynamic positioning*.



Gambar 3.1 *Single Point Mooring* (Ardiansyah, 2016)

Suatu tambatan (*mooring*) digunakan untuk melindungi sebuah struktur khususnya struktur terapung dengan meminimalkan beban lingkungan yang terjadi. Ketika tambatan terus menerus digunakan, maka akan mempercepat kegagalan serta kerusakan pada rangkaian yang paling lemah pada tambatan yaitu *swivel*, *swivel* berpotensi mengalami kegagalan fraktur saat terkena beban kondisi badai.

Pada tugas akhir kali ini akan membahas respon gerak struktur untuk tipe mooring SPM disebut dengan *Multi Leg Anchor Mooring*. Dengan mengetahui perilaku gerakan *storage tanker*, maka dapat diketahui besar tension maksimal dari tali tambat pada sistem tambat. Maka pada tugas akhir kali ini dilakukana analisa tegangan lokal pada salah satu equipment tali tambat yaitu *swivel*.



Gambar 1.4 Contoh *Swivel*

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah:

1. Berapa besar *tension* maksimum pada sistem tambat *Multi Leg Anchor Mooring* (MLAM) ?
2. Bagaimana tegangan lokal pada *swivel* dengan variasi peletakan posisi *swivel* diatas *buoy* dan dibawah *buoy* ?

1.3 TUJUAN

Tujuan yang ingin dicapai oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui *tension* maksimum pada sistem tambat *Multi Leg Anchor Mooring* (MLAM)
2. Mengetahui tegangan lokal pada *swivel* dengan variasi peletakkan posisi *swivel* diatas *buoy* dan dibawah *buoy*.

1.4 MANFAAT

Manfaat yang dihasilkan dalam tugas akhir ini yaitu

1. Dapat mengetahui hasil *tension* maksimal yang terjadi pada *Multi Leg Anchor Mooring*
2. Dapat mengetahui hasil tegangan lokal *swivel* ketika divariasikan posisi *buoy* dan dibawah *buoy*.

1.5 BATASAN MASALAH

Untuk memperjelas permasalahan tugas akhir ini, maka perlu adanya ruang lingkup pengujian atau asumsi-asumsi sebagai berikut :

1. *Storage tanker* dianalisis dalam keadaan muatan penuh (*full load*) dan *ballast load*.
2. Kapal yang digunakan adalah *Storage Tanker* kelas AFRAMAX dengan kapasitas 120.000 DWT.
3. Sitem tambat yang digunakan adalah *Single Point Mooring* dengan tipe *Multi Leg Anchor Mooring* (MLAM).
4. Analisa dinamis menggunakan metode *time domain*.

5. API RP 2SK digunakan sebagai *codes* dan *standards* untuk *mooring*.
6. Kondisi pembebanan lingkungan *Collinear*.
7. Analisis lokal *swivel* menggunakan *software* ANSYS.
8. Arah pembebanan gelombang 0° dan 180°.
9. Struktur *buoy* dianggap kuat.
10. *Anchor* diasumsikan *fixed*, sehingga tidak dilakukan perhitungan *holding capacity*.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan tugas akhir ini dimulai dari Bab 1 yaitu pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang dari tugas akhir / thesis yang akan dilakukan, rumusan masalah, tujuan yang akan dicapai dalam penelitian, manfaat dari penelitian, serta batasan masalah yang akan membatasi analisis yang akan di kerjakan dalam tugas akhir.

Pada Bab 2 yaitu tinjauan pustaka dan dasar teori yang menjelaskan tentang referensi dan juga dasar teori yang mendukung guna sebagai acuan dalam mengerjakan tugas akhir. Referensi tersebut bisa berupa jurnal lokal atau jurnal internasional, tugas akhir yang sudah dibuat sebelumnya

Bab 3 menjelaskan tentang metodologi penelitian serta alur dari *flowchart* yang telah dibuat untuk menyelesaikan tugas akhir ini agar tersusun dengan rapi dan sistematis. Serta pengumpulan data sebagai penunjang tugas akhir

Bab 4 menjelaskan analisis dan pembahasan, hasil analisis penelitian dalam tugas akhir ini. Pada bab ini kita akan mendapatkan olahan data yang kita analisis dan hasil dari *output* penelitian kita.

Bab 5 menjelaskan tentang kesimpulan tugas akhir yang mana berisikan tentang kesimpulan dari hasil *output* yang telah kita analisis, serta terdapat beberapa saran untuk menyempurnakan hasil dari analisis penelitian tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Kapal *tanker* telah digunakan selama bertahun-tahun sebagai penyimpan dari hasil kilang minyak. FSO/FPSO merupakan anjungan terapung yang berbentuk kapal yang berfungsi untuk mendukung produksi minyak ataupun gas secara terus menerus dari sebuah ladang minyak atau gas. FSO/FPSO dapat dibuat baru atau modifikasi dari kapal tanker. FSO/FPSO merupakan kapal yang ditambatkan dengan sistem *mooring* yang telah ada. FSO/FPSO biasanya digunakan karena menguntungkan dari segi ekonomi dibandingkan dengan cara lainnya seperti *pipeline*, pelabuhan atau kapal *tanker*. FSO/FPSO digunakan sebagai fasilitas permanen atau sebagai fasilitas produksi awal untuk menghasilkan pendapatan yang kemudian digunakan untuk mengembangkan fasilitas jangka panjang. Selama bertahun-tahun FSO/FPSO telah memiliki cacatan keandalan dan keamanan yang sangat baik, oleh karena itu permintaan FSO/FPSO terus meningkat (Transactions, 1997)

Cozijn dan Bunnik (2004), mengatakan bahwa pengaruh beban *mooring* pada CALM *buoy* tidak hanya gaya pengembali statis tetapi perilaku dinamis dari *mooring lines* juga mempengaruhi gaya inersia (*inertia force*) dan gaya redaman (*damping force*) dari CALM *buoy*. Dalam penelitiannya melakukan komparasi hasil dari simulasi dinamis *coupled* dan simulasi *quasi-static*. Hasilnya jauh lebih baik dengan simulasi dinamis *coupled* dibandingkan simulasi *quasi-static*.

Untuk komponen dari sistem tambat (*mooring system*) sendiri dibedakan menjadi dua yaitu *wire rope* dan rantai (*chain*). *Wire rope* merupakan sistem kabel yang memiliki berat lebih ringan dibanding sistem rantai (*chain*), pada umumnya *wire rope* memiliki *restoring force* yang lebih di perairan laut dalam dan memerlukan tegangan awal (*pretension*) yang rendah dari pada rantai. Sistem rantai (*chain*) pada operasi di lepas pantai daya tahannya baik untuk pencegahan

akan abrasi pada dasar laut dan memberikan kontribusi yang signifikan pada daya cengkram jangkar (Kusumawardhani, 2006).

Pada hakikatnya kapal bebas bergerak dengan adanya angin dan arus. Gerakan ini menimbulkan induksi memutar pada rantai tambat, secara substansial gerakan tersebut mengurangi kekuatan pada rantai dan mengurangi ruang lingkup dari pergerakan rantai. Untuk meminimalkan kecenderungan tersebut, tambatan biasanya memiliki satu atau lebih *swivel* untuk mengizinkan gerakan rotasi pada kapal tanpa menyebabkan rantai terpelintir (Pratt Jr, 1993).

Shelf (2014) dalam laporannya mengenai kegagalan pada *chain mooring* pada tahun 2010 hingga 2014 terdapat 9 kejadian. Dari 9 kejadian tersebut diantaranya 6 terjadi pada *semi-submersible* dan 3 pada FPSO. Beberapa faktor yang menyebabkan kegagalan pada *chain mooring* yaitu tegangan yang berlebih, korosi, dan *bending stress*. *Swivel* merupakan salah satu cara untuk menghindari terjadinya perputaran (*twisting*) pada *chain mooring* dan *bending* pada *chain mooring*.

Bjornsen (2014) menjelaskan semua *mooring chains* dapat menahan beban sekitar 70% dari MBL (*Minimum Breaking Load*). Ketahanan beban yang besar menyebabkan deformasi plastis dan terjadinya tegangan sisa pada rantai. Tegangan tarik yang tinggi pada *mooring chain* dapat menyebabkan inisiasi dan perambatan retak (*crack*)

Menurut Boy dan Smith (1984), *swivel* merupakan komponen *mooring* yang paling penting. Fungsi dari *swivel* ini memutar rotasi pada *buoy* dan mengurangi terjadinya perputaran tali. Adapun 2 desain dasar *swivel* yaitu *ball-bearing swivels* dan *forged swivels*.

Pada konfigurasi *single point mooring*, kekuatan pada *mooring equipment* sangat penting untuk diperhitungkan. Salah satu dari *mooring equipment* adalah *swivel*, *swivel* yang gunanya untuk menjaga agar rantai pada *mooring* tidak terpuntir.

Penelitian tentang *mooring equipment* telah dilakukan. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh (Nesha, 2012) tentang Analisa kekuatan sisa *chain line single point mooring* pada *utility support vessel*. Analisa tersebut dengan memvariasikan pengurangan dimensi *chain line* sebesar 5%, 10% dan 15%.

Didapatkan *chain line* dengan pengurangan dimensi sebesar 15% menunjukkan *tension* terbesar. Analisa kekuatan lokal *swivel* pada *spread mooring system* untuk FSO sudah pernah dilakukan (Rizkiarsa, 2016). Analisa yang dilakukan mencari tegangan tarik terbesar pada konfigurasi *spread mooring system*, dari konfigurasi 2 *chain*, 4 *chain*, dan 6 *chain* terdapat pada konfigurasi 2 *chain* memiliki tegangan maksimum dikarenakan gaya yang terjadi dekat dengan struktur *swivel*.

2.2 DASAR TEORI

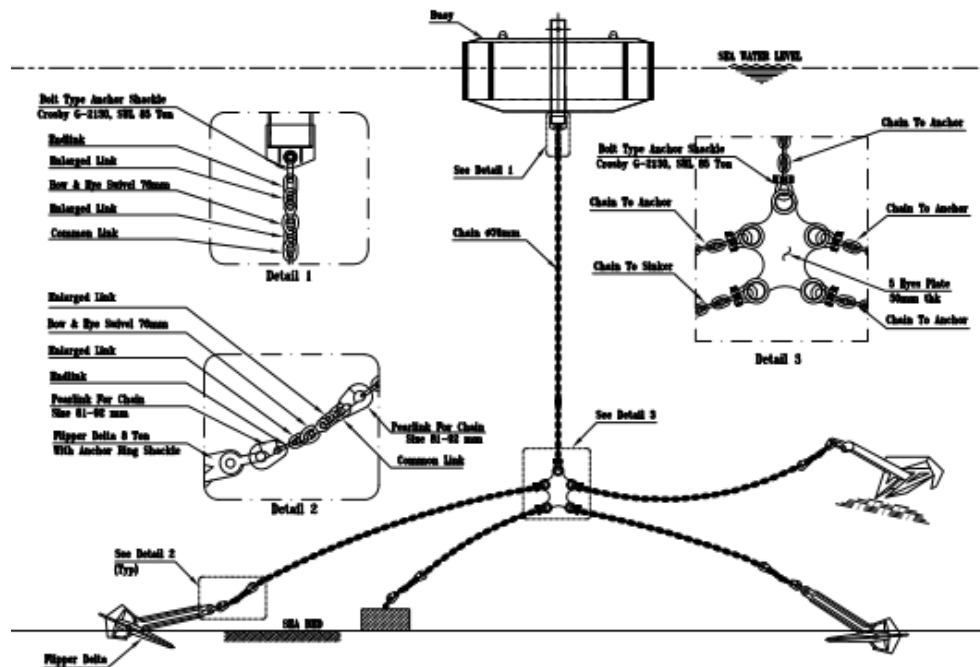
2.2.1 Sistem Tambat

Makna dari sistem tambat sangatlah penting ketika manusia melakukan aktivitasnya di atas permukaan air, terutama di suatu terminal kilang minyak yang membutuhkan sistem tambat untuk mengikat tanker saat proses loading-unloading sedang berlangsung. Gaya luar yang bekerja pada struktural yang tertambat disebabkan oleh gaya dari gelombang, angin, dan arus yang menimbulkan gerakan dan mengganggu posisi setimbang dari struktur tersebut. Tujuan dari sistem tambat pada dasarnya adalah mengurangi gerakan struktur pada bidang horizontal dan menjaganya untuk relative tetap pada posisi yang dibutuhkan tanpa menimbulkan gaya restraining yang tinggi. Gaya restraining yang tinggi hanya dapat dihindari ketika hubungan antara struktur tertambat dengan dasar laut mempunyai fleksibilitas yang cukup dan sesuai. (Afriyansyah dan Aryawan, 2013).

2.2.2 Multi Leg Anchor Mooring (MLAM)

Multi Leg Anchor Mooring merupakan konfigurasi sistem *mooring* dimana terdapat beberapa *anchor* dan *sinker* yang dikaitkan pada suatu *link plate* menggunakan *mooring line* dengan material *steel wire rope* atau *chain*, lalu *link plate* tersebut dapat dikaitkan pada kapal atau dikaitkan pada sebuah *buoy* menggunakan *chain* terlebih dahulu. Pada penelitian ini, sistem *mooring* menggunakan tiga *anchor* dan satu *sinker*. Walaupun pada umumnya memiliki kemampuan yang hampir sama dengan *Catenary Anchor Leg Mooring* (CALM), dimana kapal yang di tambatkan mampu melakukan perubahan arah haluan kapal terhadap sistem *mooring* (*weathervane*), *Multi Leg Anchor Mooring* hanya memerlukan tiga buah *anchor*, sedangkan CALM memerlukan 6-8 buah *anchor* agar sistem *mooring* mampu menahan beban lingkungan dengan baik. Pada *Multi*

Leg Anchor, gaya yang dibutuhkan oleh sistem *mooring* untuk menahan beban lingkungan diberikan oleh *anchor* dan *sinker*.



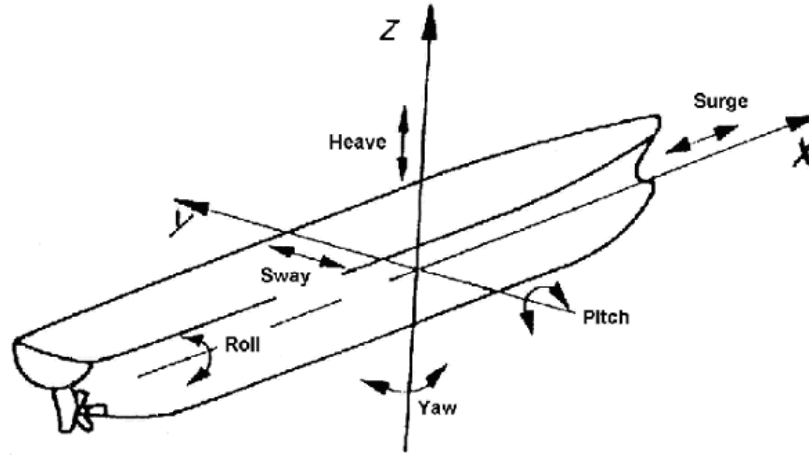
Gambar 2.1 Konfigurasi *Multi Leg Anchor Mooring*

2.2.3 Teori Gerak Bangunan Apung

Pada dasarnya benda yang mengapung mempunyai enam mode gerakan bebas yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu tiga mode gerakan osilasi translasional dan tiga mode gerakan osilasi rotasional. Berikut adalah keenam mode gerakan tersebut :

1. Mode gerak translasional
 - *Surge*, gerakan osilasi transversal arah sumbu x,
 - *Sway*, gerakan osilasi transversal arah sumbu y,
 - *Heave*, gerakan osilasi transversal arah sumbu z.
2. Mode gerak rotasional
 - *Roll*, gerakan osilasi rotasional arah sumbu x,
 - *Pitch*, gerakan osilasi rotasional arah sumbu y,
 - *Yaw*, gerakan osilasi rotasional arah sumbu z.

Ilustrasi 6 mode gerakan bebas yang terbagi menjadi dua kelompok yaitu mode gerak translasional dan mode gerak rotasional pada bangunan apung dapat dilihat pada gambar 2.2.



2.2.4 Gerakan Coupled Six Degree of Freedom

Bangunan apung di tinjau terdiri dari enam mode gerakan bebas (Coupled Six Degree of Freedom), dengan asumsi bahwa gerakan osilasi yang terjadi adalah linear dan harmonik, sehingga persamaan diferensial gerakan kopel pada bangunan apung dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum_{n=1}^6 [(M_{jk} + A_{jk})\ddot{\xi}_k + B_{jk}\dot{\xi}_k + C_{jk}\xi_k] = F_j e^{i\omega t}, j = 1 \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan,

M_{jk} = Matrik massa dan momen inersia massa bangunan laut,

A_{jk} = Matrik koefisien-koefisien massa tambah hidrodinamik,

B_{jk} = Matrik koefisien-koefisien redaman hidrodinamik,

C_{jk} = Matrik koefisien-koefisien kekakuan atau gaya dan momen hidrostatik,

F_j = amplitudo gaya eksitasi dalam besaran kompleks F_1, F_2 , dan F_3 adalah amplitudo gaya-gaya eksitasi yang mengakibatkan *surge, sway*, dan *heave*. Sedangkan F_4, F_5 , dan F_6 adalah amplitudo momen eksitasi untuk *roll, pitch*, dan *yaw*.

ξ_k = Elevasi gerakan pada moda ke k

Persamaan 2.1 menunjukkan hubungan antara gaya aksi dan reaksi. Gaya aksi direpresentasikan oleh suku pada ruas kanan, yang merupakan eksitasi gelombang terhadap bangunan apung. Gaya reaksi ditunjukkan oleh suku – suku di ruas kiri, yang terdiri dari gaya inersia, redaman dan gaya pengembali, masing masing komponen tersebut berkorelasi dengan percepatan gerak, kecepatan gerak, dan simpangan atau *displacement* gerakan (Djarmiko, 2012)

Chen (2011) menjelaskan bahwa pada dua atau lebih struktur yang terhubung (*multi-body interaction*) karena keperluan operasi akan mengalami interaksi secara hidrodinamis dan mekanis, dimana contohnya adalah sistem *offloading* antar tanker dengan metode *side-by-side*, atau struktur yang terhubung dengan sistem tambat. Persamaan gerak untuk struktur yang mengalami *multi-body interaction* adalah sebagai berikut :

$$\sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^6 \left[-\omega^2 (\delta_{nm} M_{kj}^{nm} + A_{kj}^{nm}) - i\omega B_{kj}^{nm} + \delta_{nm} C_{kj}^{nm} + C'_{kj}^{nm} \right] a_j^m = F_k^n \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk $n = 1, 2, \dots, M$; dan $k = 1, 2, \dots, 6$.

Dimana :

M_{kj}^m = Matriks massa dari struktur m

A_{kj}^m = Matriks komponen massa tambah fluida untuk struktur m

B_{jk}^m = Matriks redaman hidrodinamis struktur m

C_{jk}^m = Matriks kekakuan struktur m

C'_{jk}^m = Matriks kekakuan akibat interaksi antar dua struktur (*multi-body*), misal interaksi sistem *mooring* m dengan dasar laut ($m = n$) atau interaksi struktur m dengan struktur n ($m \neq n$)

a_j^m = Amplitudo gerakan yang ditinjau pada struktur m

F_k^n = Matriks gaya eksitasi

2.2.5 Konsep Pembebanan

Dalam suatu proses perancangan bangunan lepas pantai, untuk menentukan kemampuan kerja struktur akan dipengaruhi oleh yang terjadi pada bangunan

tersebut. Sehingga perancang harus menentukan akurasi atau ketepatan beban yang akan diterapkan dalam perancangan. Menurut Soedjono (1999) beban-beban yang harus dipertimbangkan dalam perancangan bangunan lepas pantai adalah sebagai berikut :

1. Beban mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah beban dari komponen- komponen kering serta beban-beban peralatan, perlengkapan dan permesinan yang tidak berubah dari mode operasi pada suatu struktur, meliputi : berat struktur, berat peralatan dari permesinan yang tidak digunakan untuk pengeboran atau proses pengeboran.

2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang terjadi pada bangunan lepas pantai selama beroperasi dan bias berubah dari mode operasi satu ke mode operasi yang lain.

3. Beban akibat kecelakaan (*Accidental Load*)

Beban kecelakaan merupakan beban yang tidak dapat diduga sebelumnya yang terjadi pada suatu bangunan lepas pantai, misalnya tabrakan dengan kapal pemandu operasi, putusnya tali tambat, kebakaran, dan letusan.

4. Beban Lingkungan (*Environmetal Load*)

Beban lingkungan adalah beban yang terjadi Karena dipengaruhi oleh lingkungan dimana suatu bangunan lepas pantai dioperasikan atau bekerja. Beban lingkungan yang biasanya digunakan dalam perancangan adalah :

- Beban gelombang dan arus
- Beban angin
- Beban gempa

2.2.6 Komposisi Beban Lingkungan

2.2.6.1 Teori Difraksi

Bilamana suatu struktur mempunyai ukuran yang relative besar, yakni memiliki ukuran yang kurang lebih sama dengan panjang gelombang, maka keberadaan struktur ini akan mempengaruhi timbulnya perubahan arah pada medan

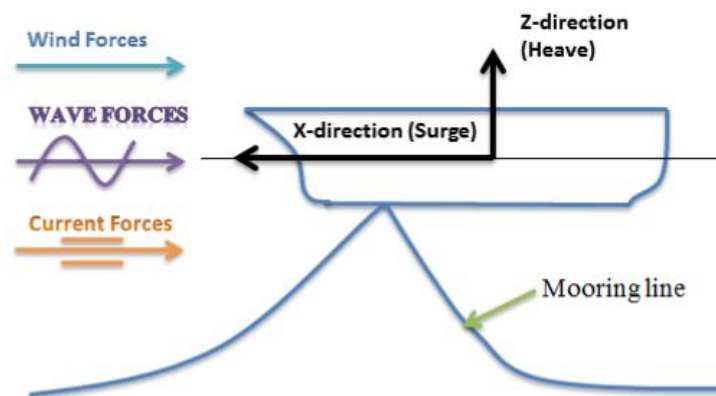
gelombang disekitarnya. Dalam hal ini difraksi gelombang dari permukaan struktur harus diperhitungkan.

2.2.6.2 Beban Angin

Beban lingkungan lain yang bersifat dinamis adalah beban angin, tetapi beberapa struktur akan meresponnya pada model statis yang paling mendekati. Dalam perancangan sebuah *offshore structure* pada umumnya, perhitungan beban angin disyaratkan untuk didasarkan pada besarnya kecepatan ekstrim dengan waktu pengulangan 50 atau 100 tahun. Semakin lama waktu yang digunakan untuk pengulangan, maka resiko kegagalan semakin besar

2.2.6.3 Beban Arus

Tidak hanya gelombang, beban arus juga merupakan salah satu beban lingkungan yang memberikan gaya terhadap *offshore structure*. Arus akibat pasang surut memiliki kecepatan yang semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman sesuai fungsi *non-linier*. Sedangkan arus yang disebabkan oleh angin memiliki karakter yang sama, tetapi dalam fungsi *linier*.



Gambar 2.3 Gaya-gaya yang terjadi pada *mooring system* (Saidee, 2015)

2.2.7 Spektrum Gelombang

Pemilihan spektrum energi gelombang untuk mendapatkan hasil respon spektra didasarkan pada kondisi real laut yang ditinjau. Bila tidak ada maka dapat digunakan model spektrum yang dikeluarkan oleh berbagai institusi dengan mempertimbangkan kesamaan fisik lingkungan. Dari spektrum gelombang dapat

diketahui parameter-parameter gelombang seperti gelombang rata-rata, gelombang signifikan, dan sebagainya.

Analisis Spectrum gelombang dapat menggunakan teori spectrum gelombang yang telah ada, antara lain model spectrum JONSWAP, *Pierson-Moskowitz*, *Bretschneider*, ISSC, ataupun ITTC. Model matematis spectrum umum didasarkan pada satu atau lebih parameter, misalnya tinggi gelombang signifikan, periode gelombang, dan lain-lain. Salah satu model spectra adalah yang diajukan oleh Pierson Moskowitz pada tahun 1964 dan masih secara luas digunakan. Aplikasi umum dari satu parameter spectrum gelombang Pierson Moskowitz dibatasi oleh fakta jika kondisi laut adalah *fully developed*. Pengembangan dari laut juga dibatasi oleh fetch. Setelah itu, mulai dikembangkan suatu spectrum untuk perairan dengan batasan fetch tertentu. Dimana Spectrum tersebut merupakan turunan dari spectra Pierson Moskowitz, yakni diketahui sebagai *Joint North Sea Wave Project* (JONSWAP)

Spektrum gelombang yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah spektrum JONSWAP. Menurut DNV RP-C205 (2010), formulasi spectrum JONSWAP merupakan modifikasi dari spectrum *Pierson-Moskowitz*. Persamaan spectrum JONSWAP dapat ditulis sebagai berikut :

$$S_j(\omega) = A \gamma S_{pm}(\omega) \gamma^{\exp(-0,5(\frac{\omega-\omega_p}{\sigma\omega_p})^2)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- S_{pm} = Spektra Pierson-Moskowitz
- γ = parameter puncak (*peakness parameter*)
- σ = parameter bentuk (*shape parameter*)
- Untuk $\omega \leq \omega_p = 0,07$ dan $\omega > \omega_p = 0,09$
- ω_p = angular spectrak peak frequency (rad/s)
= $2\pi/T_p$
- ω = wave frequency (rad/s)

Untuk spektrum Pierson-Moskowitz pada persamaan di atas menggunakan persamaan sebagai berikut : (DNV RP-C205, 2010)

$$S_{pm} = \frac{5}{16} \cdot H_s^2 \cdot \omega_p^2 \cdot \omega^{-5} \cdot \exp\left(-\frac{5}{4}\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)^2\right) \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

H_s = tinggi gelombang signifikan (m)
 T_p = periode puncak (s)

Tabel 2.3 Amplitudo dan tinggi gelombang pada spektrum

Profil Gelombang	Amplitudo	Tinggi
Gelombang Rata-rata	$1.25\sqrt{m_0}$	$2.5\sqrt{m_0}$
Gelombang Signifikan	$2.00\sqrt{m_0}$	$4.00\sqrt{m_0}$
Rata-rata 1/10 Gelombang Tertinggi	$2.55\sqrt{m_0}$	$5.00\sqrt{m_0}$
Rata-rata 1/100 Gelombang Tertinggi	$3.44\sqrt{m_0}$	$6.67\sqrt{m_0}$

Dengan :

m_0 = luasan dibawah kurva spectrum (zero moment)

$$m_0 = \int_0^\infty S(\omega) d\omega \dots \dots \dots (2.5)$$

2.2.4 Response Amplitude Operator (RAO)

Response Amplitude Operator (RAO) atau disebut juga dengan *transfer function* merupakan fungsi respon gerakan dinamis struktur yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi tertentu. RAO merupakan alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerakan dinamis struktur. Menurut Chakrabarti (1987), bentuk persamaan RAO dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$RAO(\omega) = \frac{\zeta_j(\omega)}{\zeta_0(\omega)} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

ζ_j = amplitudo struktur
 ζ_0 = amplitudo gelombang

Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi (*surge, sway, heave*) merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakan dibanding dengan amplitudo gelombang insiden (keduanya dalam satuan panjang) (Djatkiko, 2012).

2.2.8 Analisis Dinamis

Berdasarkan DNV OS E301 (2013), metode analisis simulasi *domain* pada bangunan lepas pantai dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Frequency Domain Analysis

Frequency domain analysis adalah simulasi kejadian pada saat tertentu dengan interval frekuensi yang telah ditentukan sebelumnya. Metode ini bias digunakan untuk memperkirakan respons gelombang acak, seperti gerakan dan percepatan platform, gaya tendon, dan sudut. Keuntungan metode ini adalah tidak membutuhkan banyak waktu untuk perhitungan, input, dan output juga lebih sering digunakan oleh perancang. Kekurangannya adalah untuk setiap persamaan non-linier harus diubah menjadi linier.

2. Time Domain Analysis

Time domain anlysis adalah penyelesaian gerakan dinamis berdasarkan fungsi waktu. Pendekatan yang dilakukan dalam metode ini menggunakan prosedur integrasi waktu yang nantinya akan menghasilkan time hystory response berdasarkan fungsi waktu $x(t)$. Keuntungan dari menggunakan metode ini adalah semua type non-linear (matriks sistem dan beban-beban eksternal) dapat dimodelkan dengan lebih tepat. Sedangkan kerugiannya adalah membutuhkan waktu perhitungan yang terbilang lama. Menurut DNV OS E301, minimal simulasi time domain adalah 3 jam (10800 s).

2.2.9 Perhitungan Panjang Minimum *Mooring Line*

Berdasarkan Faltinsen (1990), panjang minimum untuk tiap *mooring line* dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$l_{min} = h \sqrt{2 \frac{T_H}{wh} + 1} \dots \dots \dots (2.8)$$

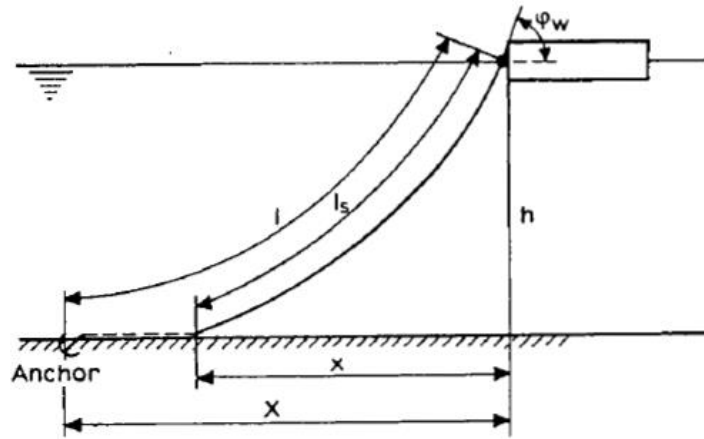
Dimana :

l_{min} = Panjang minimum *mooring line* (m)

h = Kedalaman laut (m)

T_H = *Pre-tension Horizontal* (10% *Minimum Breaking Strength*) (kN)

w = Berat *mooring line* per satuan panjang



Gambar 5.4 Panjang minimum *mooring lines*

2.2.10 Tension pada Mooring Line

Gerakan kapal yang terpengaruh dengan beban lingkungan mengakibatkan adanya tarikan pada *mooring line*. Ada 2 jenis tarikan (tension) yang terjadi pada *mooring line*, yaitu :

a. *Mean Tension*

Tension pada mooring line yang berkaitan dengan mean offset pada vessel.

b. *Maximum Tension*

Mean tension yang mendapat pengaruh dari kombinasi frekuensi gelombang dan *low-frequency tension*.

Menurut API-RP2SK (2005), maximum tension dapat ditentukan dengan prosedur dibawah ini :

1. $T_{lfmax} > T_{wfmmax}$, maka :

$$T_{max} = T_{mean} + T_{lfmax} + T_{wfsig} \dots \dots \dots (2.9)$$

2. $T_{wfmmax} > T_{lfmax}$,maka :

$$T_{max} = T_{mean} + T_{wfmmax} + T_{lfsig} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan :

T_{mean} = mean tension

T_{max} = maximum tension

T_{wfmmax} = maximum wave frequency tension

T_{wfsig} = significant wave frequency tension

T_{lfmax} = maximum low-frequency tension

T_{lfsig} = significant low-frequency tension

2.2.11 Tegangan Normal

Tegangan normal terjadi akibat adanya reaksi yang diberikan pada benda sehingga akan timbul tegangan yang menyatakan aksi terbesar yang terjadi secara internal antara elemen-elemen. Analisa tegangan dengan metode statis ini berdasarkan Hukum Hooke yang menganggap bahan bersifat elastis linier, sehingga prinsip superposisi bisa digunakan untuk menggabungkan tegangan akibat berbagai sistem pembebanan (Popov, 1993).

Jika suatu batang tubular yang mengalami pembebanan aksial sebesar F dengan luas penampang A . Sehingga tegangan yang terjadi pada batang sesuai dengan Persamaan sebagai berikut :

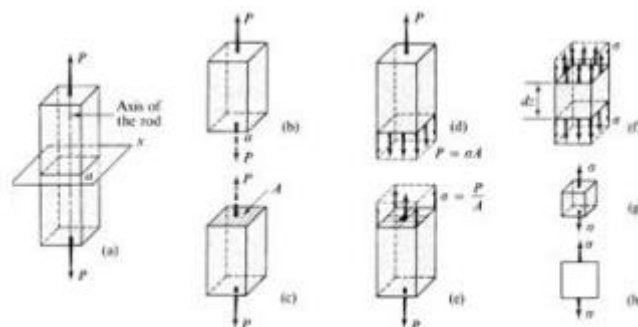
$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan,

σ = Tegangan

F = Pembebanan aksial (N)

A = Luas Penampang (m^2)



Gambar 2.5 Ilustrasi tegangan normal (Sumber : <http://slideplayer.info/slide/2852179/>)

2.2.12 Tegangan Lentur (*Bending*)

Momen luar diimbangi oleh momen dalam yang merupakan resultan tegangan lentur (bending). Berikut persamaannya :

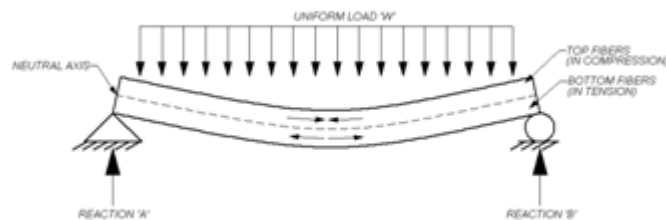
$$M = \int_A f \cdot dA \cdot y = \int_A \left(-\frac{y}{c} f_{max} \right) dA \cdot y = -\frac{f_{max}}{c} \int_A y^2 dA \dots \dots (2.12)$$

$\int_A y^2 dA = I$, merupakan besaran penampang yang disebut momen inersia terhadap titik berat penampang. Sehingga persamaan tegangan lentur menjadi :

$$M = -\frac{f_{max}}{c} I \text{ atau } f_{max} = -\frac{M c}{I} \dots \dots \dots (2.13)$$

Tegangan lentur pada sembarang titik yang berjarak y dari garis netral :

$$f = -\frac{M y}{I} \dots \dots \dots (2.14)$$



Gambar 2.6 Tegangan Lentur pada suatu penampang (Sumber : <http://www.strucalc.com/engineering-resources/normal-stress-bending-stress-shear-stress/>)

2.2.13 Tegangan Geser (*shear*)

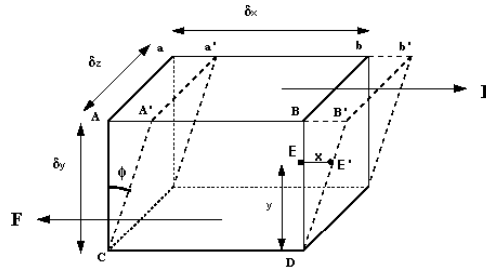
Tegangan geser (shear stress) adalah intensitas gaya pada suatu titik yang sejajar terhadap penampang, yang didefinisikan sebagai :

$$\tau = \frac{F}{A} \text{ atau } \frac{\text{gaya geser}}{\text{luas}} \left[\frac{N}{m^2} \right] \dots \dots \dots (2.15)$$

Dengan

F = gaya yang bekerja dalam arah sejajar terhadap penampang (N)

A = luas penampang.(m²)



Gambar 2.7 Gaya geser pada balok (Sumber : http://www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/CIVE1400/Section1/Fluid_mechanics.htm)

2.2.14 Tegangan Von-Mises

Kapal harus mampu menahan beban-beban operasional tambahan yang terjadi dengan aman, yaitu tegangan yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan yang yang diijinkan, serta pelat kapal, pelat bilah, agar tidak kehilangan stabilitasnya, berikut persamaan yang digunakan :

$$\sigma(x, y) = \frac{Mx.Y}{I} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana,

Mx = momen bending (ton.m)

Y = jarak normal bidang (m)

I = momen inersia bidang (m²)

Pada element tiga dimensi, bekerja tegangan-tegangan searah sumbu x, y dan z. pada tiap-tiap sumbu dapat diketahui tegangan utama ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$). yang dihitung dari komponen tegangan dengan persamaan sebagai berikut (Perangkat lunak finite element).

$$\begin{bmatrix} \sigma_x - \sigma_0 & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y - \sigma_0 & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_z - \sigma_0 \end{bmatrix} = 0 \dots \dots \dots (2.17)$$

Penggabungan tegangan-tegangan utama pada suatu element merupakan suatu cara untuk mengetahui nilai tegangan maksimum yang terjadi pada node tersebut. Salah satu cara mendapatkan tegangan adalah dengan menggunakan formula tegangan *Von Mises* :

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

...(2.18)

Dengan :

σ_{eq} = tegangan ekuivalen (*von mises stress*) (Pa)

σ_x = tegangan normal sumbu x (Pa)

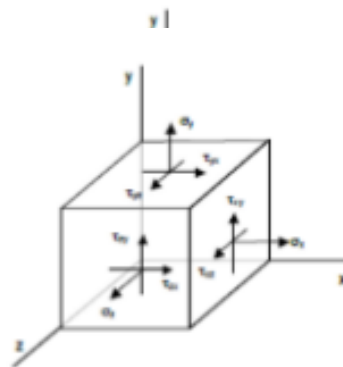
σ_y = tegangan normal sumbu y (Pa)

σ_z = tegangan normal sumbu z (Pa)

τ_{xy} = tegangan geser bidang xz (Pa)

τ_{yz} = tegangan geser bidang yz (Pa)

τ_{zx} = tegangan geser bidang zx (Pa)



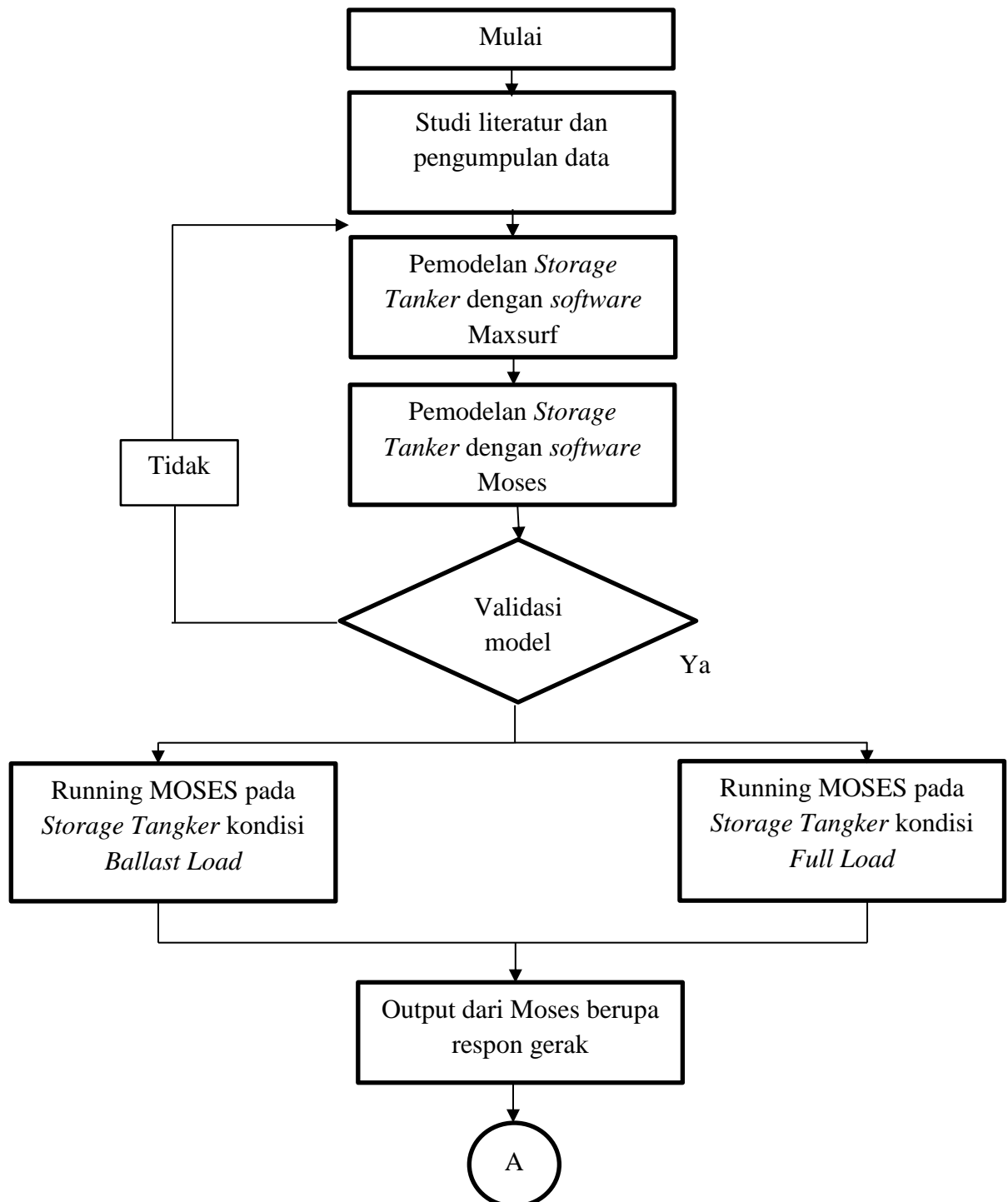
Gambar 2.8 Tegangan *Von Mises* pada suatu penampang

BAB III

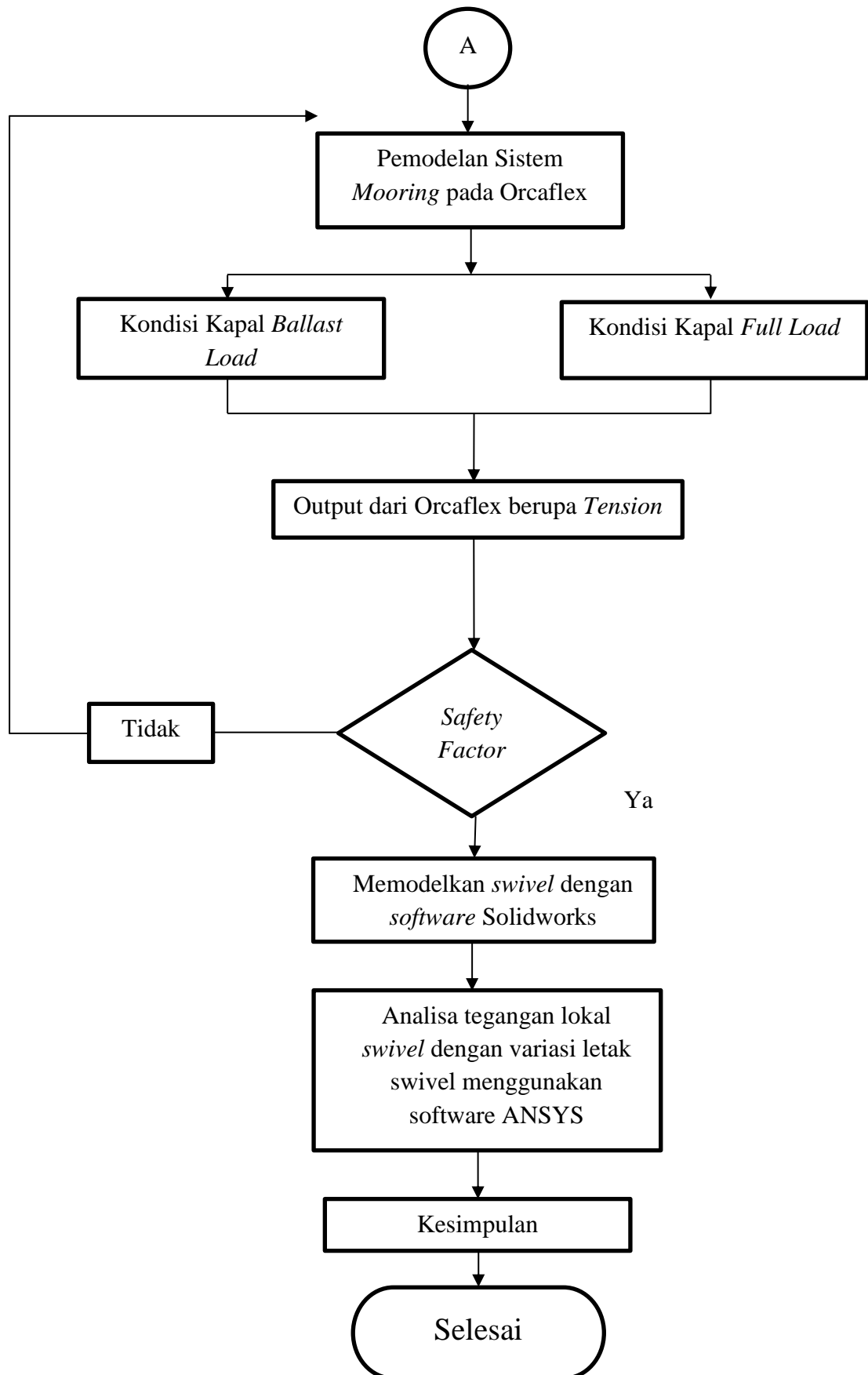
METODOLGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR

Untuk mempermudah mengetahui perkembangan pada tugas akhir ini akan dibuat diagram pengerjaan/metodologi. Secara garis besar pengerjaan tugas akhir ini dapat dijelaskan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

3.2 PENJELASAN DIAGRAM ALIR

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu cara untuk mencari tahu dasar teori, studi pustaka, *rules* atau regulasi yang relevan yang dibutuhkan selama mengerjakan tugas akhir. studi literature dapat berupa tugas akhir yang sudah ada, jurnal nasional maupun internasional, buku, *code/rules* serta *software* yang nantinya mendukung pengerjaan tugas akhir seperti Maxsurf, Orcaflex, Moses dan ANSYS.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data juga perlu dilakukan untuk mendukung topik dan tema dari tugas akhir atau penelitian yang akan dianalisis contohnya pada tugas akhir ini yang dibutuhkan yaitu data *storage tanker*, data *mooring line properties*, dan data lingkungan.

3. Pemodelan Struktur

Pada tugas akhir ini menggunakan struktur *Multi Leg Anchor Mooring* yang dimana ada kapal *storage tanker* yang menambat pada *buoy*. Pemodelan struktur *storage tanker* menggunakan *software* Maxsurf dengan 120.000 DWT.

4. Analisa Hidrostatik

Analisa hidrostatik berfungsi untuk mendapatkan RAO (*Response Amplitude Operator*), *wave drift force*, *damping force*, dan *added mass*. Setelah semua didapatkan dilanjutkan validasi model dengan data supaya analisis tugas akhir ini mendekati nyata.

5. Pemodelan Sistem Mooring menggunakan *software* Orcaflex

Memodelkan sistem *mooring* dengan tujuan mendapatkan hasil *tension* maksimum dari tiap-tiap *mooring lines*. Tension maksimum digunakan untuk menganalisis tegangan lokal *swivel*.

6. Analisa tegangan pada *Swivel*

Analisis tegangan lokal swivel dengan variasi peletakan posisi swivel. Analisis dilakukan menggunakan software ANSYS. Mencari tegangan equivalent di setiap variasi posisi letak swivel

7. Pengambilan kesimpulan

Dari setiap variasi yang sudah dianalisis dipilih swivel dengan posisi yang memiliki tegangan lokal yang sesuai dengan codes yang disarankan.

3.3 PENGUMPULAN DATA

Data yang dibutuhkan dalam tugas akhir ini meliputi data *storage tanker* dan *buoy*, data *properties mooring line & hawser*, dan data *metocean* lokasi operasi.

3.3.1 Data Storage Tanker

Dalam tugas akhir ini menggunakan storage tanker kelas Aframax dengan kapasitas 120000 DWT. Data-data yang diperlukan berupa LOA (*Length Over All*), LPP (*Length Between Perpendicular*), *Breadth*, *Draft*, *Depth*, KG, *Displacement*, yang terdapat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.4 Data *Storage Tanker*

Parameter	Unit	Full Load	Ballast Load
LOA	m	266	266
LPP	m	256	256
Breadth	m	43	43
Draft	m	15.5	7.8
Depth	m	22	22
KG	m	11.72	8.41
Displacement	ton	141125.98	67580
K _{xx}	m	16.17	15.52

K_{yy}	m	72.66	69.67
K_{zz}	m	72.66	69.67

3.3.2 Data Buoy

Pada *Multi Leg Anchor Mooring* yang digunakan dalam tugas akhir ini sebuah *storage tanker* menambat terhadap *buoy*. Berikut data *buoy* yang digunakan terdapat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data Buoy

BUOY DATA			
Diameter (m)	7.62		
Draft (m)	-1.30		
Height (m)	3.05		
Weight (t)	40		
Center of Gravity (m)	X	Y	Z
	0	0	1.45
Radius of Gyration (m)	X	Y	Z
	2.098	2.098	2.693

3.3.3 Data mooring line & hawser properties

Komposisi *Multi Leg Anchor Mooring* yang terdiri dari *hawser* yang berfungsi untuk menghubungkan *buoy* dan *storage tanker*, *mooring chain* yang berfungsi untuk menghubungkan *buoy* dan *link plate*, dan *anchor line* yang berfungsi menghubungkan *link plate* dan *anchor*. Berikut data yang dilampirkan pada Tabel 3.3 – Tabel 3.6

Tabel 3.3 Mooring Equipment Data

Equipment	Units	Value
Mooring Chain		
Type	~	Studless

Diameter	mm	92
Lenght of mooring line	m	70
MBL	kN	6916 (Grade R3)
Anchor Line		
Type	~	Studless
Lenght of @ anchor line	m	55.5
Diameter	mm	105
MBL	kN	8753 (Grade 3)

Tabel 3.4 Data *Hawser*

Hawser – BRAIDLINE NYLON			
Material	Nylon Braidline 2x56 mm		
Length	80 m		
MBL	1432 kN/hawser Total MBL is 2864 kN		
Axial stiffness	197.15 ton		
Fairlead coordinates on buoy regarding buoy COG	X (m)	Y (m)	Z (m)
	-2.00	0.00	2.74
Fairlead coordinates on Tanker regarding Tanker COG (Tanker Aframax Full)	-5.00	0.00	24.00

Tabel 3.5 Data Koordinat *Mooring Line*

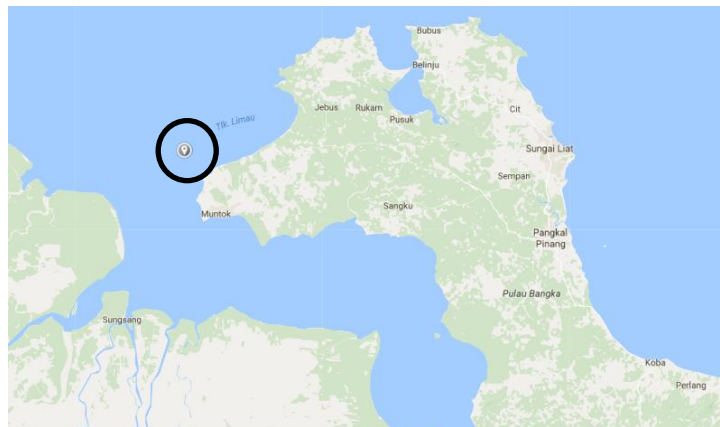
Anchor Line no.	Link Plate			Anchor		
	X (m)	Y (m)	Z (m) vs LAT level	X (m)	Y (m)	Z (m) vs LAT level
1	0.00	0.00	-53.00	55.00	0.00	-54.00
2	0.00	0.00	-53.00	-27.50	47.63	-54.00
3	0.00	0.00	-53.00	-27.50	-47.63	-54.00

Tabel 3.6 Data Koordinat *Hawser*

Fairlead coordinates on buoy regarding buoy (0,0) Point	X (m)	Y (m)	Z (m)
	-2.00	0.00	2.74
Fairlead coordinates on Tanker regarding Tanker Fore End (0,0) Point	-5.00	0.00	22.00

3.3.4 Data *Metocean*

Lokasi yang digunakan pada tugas akhir ini terletak di Selat Bangka, Indonesia dengan kedalaman 54 m. Data yang dibutuhkan yaitu kecepatan angin kala ulang 50 tahunan. Serta dibutuhkan tinggi dan periode gelombang kala ulang 50 tahunan dan kecepatan arus 10 tahunan. Data-data tersebut dapat dilihat di Tabel 3.7 dan Tabel 3.8



Gambar 3.7 Peta lokasi operasi di Selat Bangka

Tabel 5.7 *Environmental data (wave and wind)*

Wave Data						Wind Data		
1-year		10-years		50-years		1-year	10-years	50-years
Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	V (m/s)		
1.52	7.12	2.47	8.07	3.55	9.15	21.88	22.83	23.91

Tabel 3.8 *Environmental data (current)*

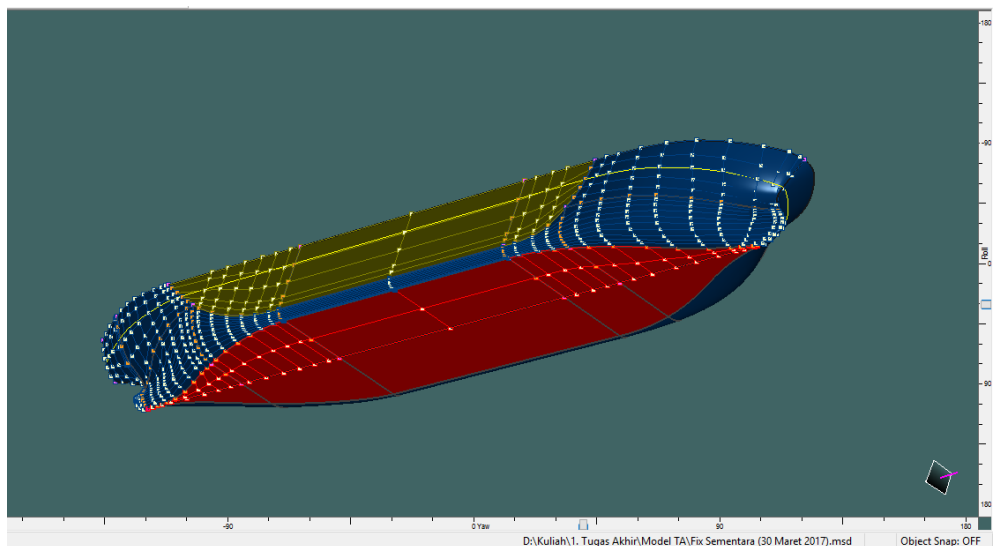
% of depth (m)	1-year	10-years
	Speed (m/s)	
0	1.68	2.63
10	1.86	2.82
20	1.70	2.66
30	1.85	2.80
40	2.02	2.98
50	2.29	3.25
60	2.09	3.05
70	2.31	3.26
80	1.56	2.51
90	1.38	2.33
100	1.44	2.39

BAB IV

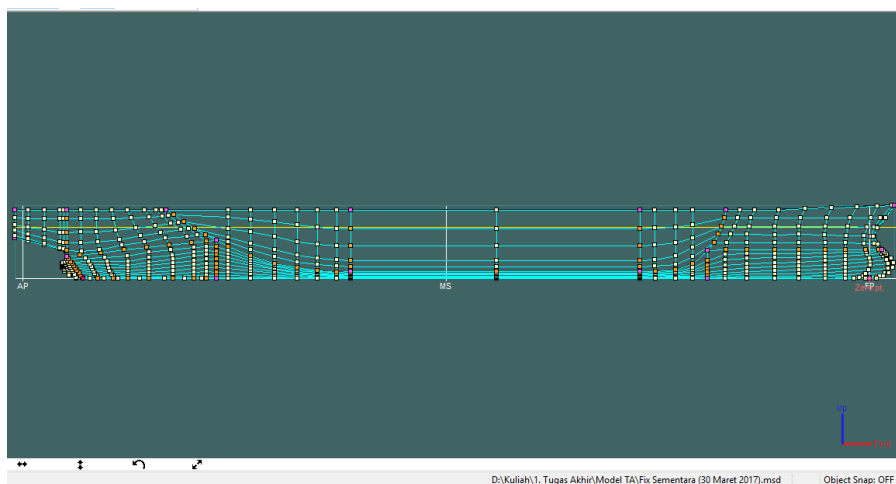
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 PEMODELAN *STORAGE TANKER*

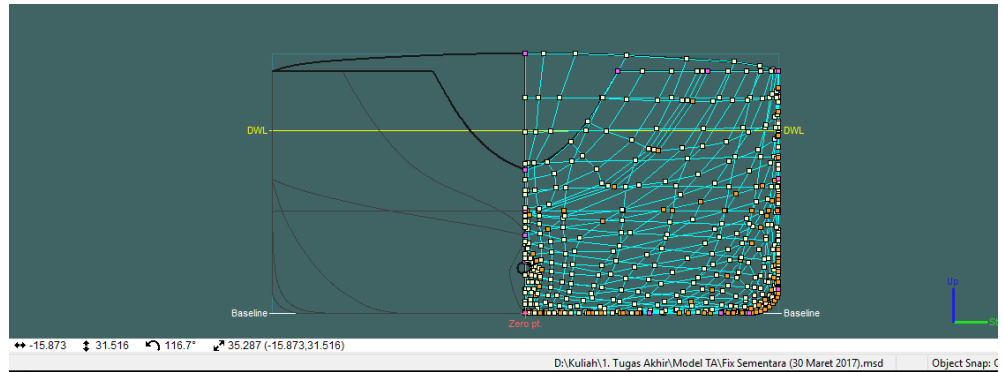
Pada analisis ini *Storage Tanker* yang digunakan kelas AFRAMAX ukuran 120.000 DWT. Pemodelan lambung struktur dilakukan menggunakan *software* Maxsurf Modeler. Output dari *software* Maxsurf Modeler yaitu berupa *marker* koordinat yang nantinya akan di-*input* ke *software* MOSES gunanya mencari gaya hidrodinamis kapal.



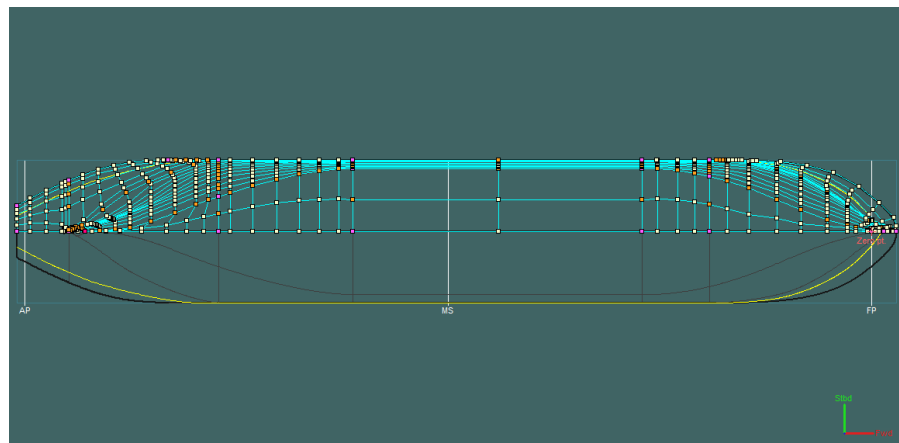
Gambar 4.1 *Storage Tanker* tampak isometri menggunakan Maxsurf Modeler



Gambar 4.2 *Storage Tanker* tampak samping menggunakan Maxsurf Modeler



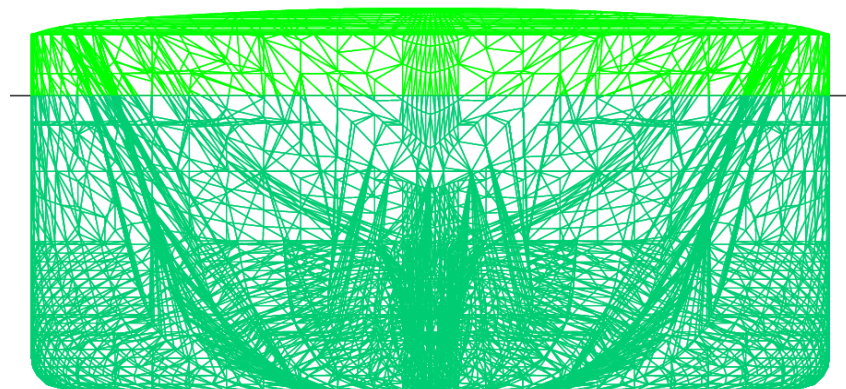
Gambar 4.3 *Storage Tanker* tampak depan menggunakan Maxsurf Modeler



Gambar 4.4 *Storage Tanker* tampak atas menggunakan Maxsurf Modeler



Gambar 4.5 *Storage Tanker* tampak samping hasil *software* Moses



Gambar 4.6 *Storage Tanker* tampak depan hasil *software* Moses

Supaya model struktur lambung *storage tanker* yang telah dibuat mendekati kapal asli, maka harus dilakukan validasi model. Dengan membandingkan data hidrostatik asli kapal dengan data hidrostatik yang diperoleh dari pemodelan. Proses validasi mengacu pada ABS (*American Bureau of Shipping*) *Computational Modelling Acceptable Tolerances* yang dapat dilihat pada Tabel 4.1. Dikarenakan keterbatasan data hidrostatik asli kapal, maka diasumsikan data hidrostatik pemodelan Maxsurf Modeler sebagai data hidrostatik asli kapal. Berikut validasi *storage tanker* pada kondisi *ballast load* dan *full load* pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.1 ABS *Computational Modelling Acceptable Tolerances*

Acceptable Tolerance	
Hull Form Dependent	Acceptable Tolerance
Displacement	2%
Longitudinal center of buoyancy (LCB)	1% / 50 cm max
Vertical center of buoyancy (VCB)	1% / 50 cm max
Transverse center of buoyancy (TCB)	0.5% of B / 5 cm max
Longitudinal center of floatation (LCF)	1% / 50 cm max
Transverse metacentric height (KMt)	1% / 50 cm max
Longitudinal metacentric height (KML)	1% / 50 cm max
Compartiment Dependent	
Volume or deadweight	2%
Longitudinal center of gravity (LCG)	1% / 50 cm max
Vertical center of gravity (VCG)	1% / 5 cm max
Transverse center of gravity (TCG)	0.5% of B / 5 cm max
Free surface moment (FSM)	2%
Level of contents	2%

Tabel 4.2 Tabel Validasi *Storage Tanker* kondisi *Ballast Load*

Data	Unit	Data	Maxsurf Modeler	Koreksi	MOSES	Koreksi	Status
<i>Displacement</i>	ton	67580	68721.8	1.690%	67772.77	-0.29%	Memenuhi
KMT	m	-	22.707	-	22.65	0.25%	Memenuhi
KML	m	-	533.38	-	534.08	-0.13%	Memenuhi
LCF (dari FP)	m	-	-117.76	-	-117.58	0.16%	Memenuhi
VCB	m	-	4.01	-	4.02	-0.15%	Memenuhi
LCB (dari FP)	m	-	-115.02	-	-114.6	0.37%	Memenuhi

Tabel 4.3 Tabel Validasi *Storage Tanker* kondisi *Full Load*

Data	Unit	Data	Maxsurf Modeler	Koreksi	MOSES	Koreksi	Status
<i>Displacement</i>	ton	141126	142753	1.153%	143148.19	-0.28%	Memenuhi
KMT	m	-	18.07	-	18.11	-0.20%	Memenuhi
KML	m	-	345.84	-	344.79	0.30%	Memenuhi
LCF (dari FP)	m	-	-126.39	-	-126.4	-0.01%	Memenuhi
VCB	m	-	8.07	-	8.07	0.05%	Memenuhi
LCB (dari FP)	m	-	-119.20	-	-118.92	0.23%	Memenuhi

Pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 koreksi hidrostatik sudah memenuhi toleransi yang sesuai dengan ABS (*American Bureau of Shipping*). Dapat dilihat bahwa tiap parameternya tidak melebihi toleransi yang sudah ditentukan. Maka hasil pemodelan *storage tanker* telah mendekati desain asli kapal.

4.2 ANALISIS RESPON GERAK *STORAGE TANKER* TERAPUNG BEBAS

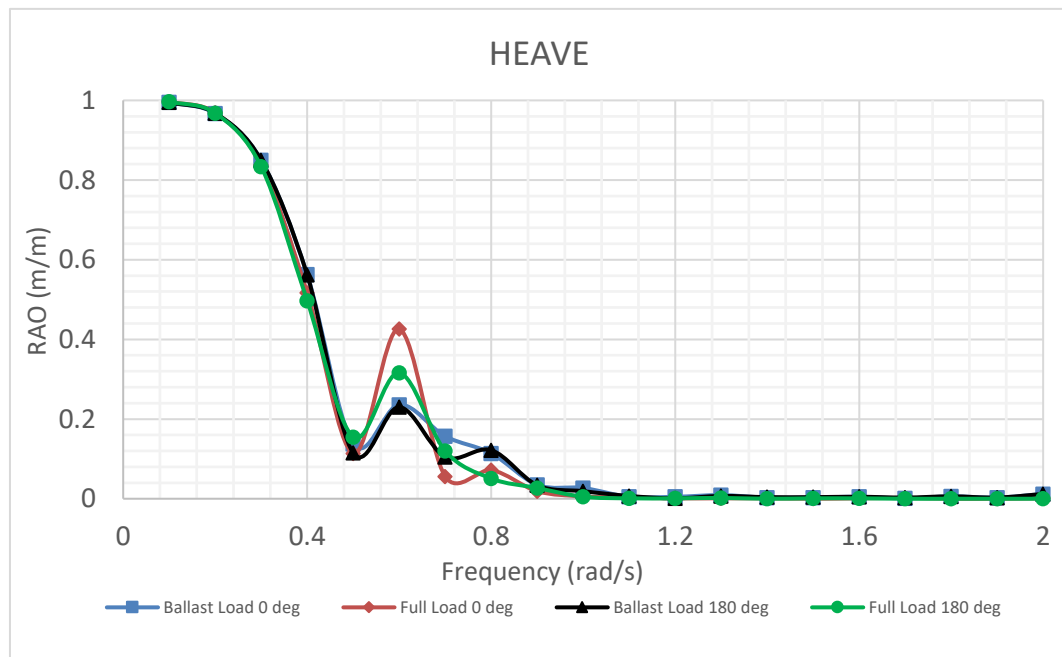
Dalam melakukan analisis respon gerak terhadap *storage tanker* dilakukan dua kondisi, yaitu kondisi *ballast load* dan *full load*. Kondisi *ballast load* dengan sarat 7.8 m sedangkan kondisi *full load* dengan sarat 15.5 m. Sifat dari sistem *mooring* yaitu *weathervaning*, mampu merubah arah kapal terhadap *buoy*. Sehingga hanya dilakukan analisis arah datang gelombang 0° dan 180° . Analisis respon gerak dan gaya hidrodinamis dilakukan rentang frekuensi 0.1 rad/s – 2 rad/s dengan interval 0.1 rad/s. Berikut *Response Amplitude Operator* (RAO) kondisi *ballast load* dan *full load*.

Selain *Response Amplitude Operator* (RAO) yang dihasilkan oleh *software* MOSES, hasil analisis hidrodinamis yang digunakan untuk data input *software* Orcaflex antara lain *mean wave drift force*, *panel wave frequency force*, serta matriks *added mass* dan *damping*.



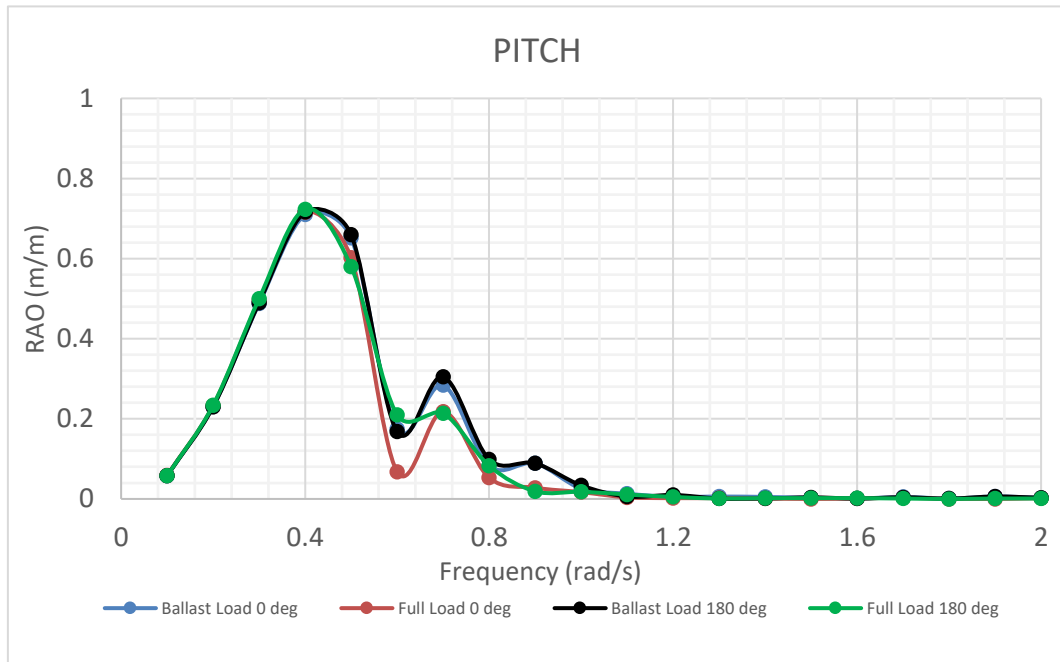
Gambar 4.7 Grafik RAO *Surge Storage Tanker*

Pada Gambar 4.7 merupakan grafik *Response Amplitude Operator* (RAO) gerakan *surge*. RAO *surge* tertinggi untuk heading 0° kondisi kapal *ballast load* sebesar 0.986. Sedangkan RAO *surge* tertinggi untuk heading 0° kondisi kapal *full load* sebesar 0.961. Pada heading 180° kondisi kapal *ballast load* RAO *surge* tertinggi sebesar 0.986 dan kondisi kapal *full load* sebesar 0.961.



Gambar 4.8 Grafik RAO *Heave Storage Tanker*

Pada Gambar 4.8 merupakan grafik *Response Amplitude Operator* (RAO) gerakan *heave*. RAO *heave* tertinggi untuk heading 0° kondisi kapal *ballast load* sebesar 0.995. Sedangkan RAO *heave* tertinggi untuk heading 0° kondisi kapal *full load* sebesar 0.997. Pada heading 180° kondisi kapal *ballast load* RAO *heave* tertinggi sebesar 0.995 dan kondisi kapal *full load* sebesar 0.997.



Gambar 4.9 Grafik RAO Pitch Storage Tanker

Pada Gambar 4.9 merupakan grafik *Response Amplitude Operator* (RAO) gerakan *pitch*. RAO *pitch* tertinggi untuk heading 0° kondisi kapal *ballast load* sebesar 0.71 pada frekuensi 0.4 rad/s. Sedangkan RAO *pitch* tertinggi untuk heading 0° kondisi kapal *full load* sebesar 0.716 frekuensi 0.4 rad/s. Pada heading 180° kondisi kapal *ballast load* RAO *pitch* tertinggi sebesar 0.717 dan kondisi kapal *full load* sebesar 0.723 pada frekuensi 0.4 rad/s.

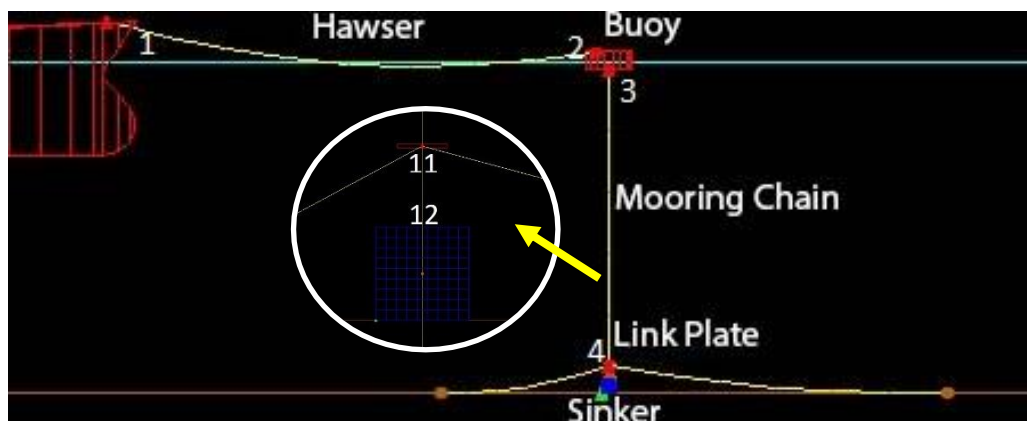
Pada prinsipnya respon gerak berbanding terbalik dengan frekuensi. Pada frekuensi kecil bangunan laut akan bergerak mengikuti pola atau kontur elevasi gelombang yang panjang yang biasa disebut *contouring*. Sedangkan daerah frekuensi tinggi atau gelombang – gelombang (dengan periode) pendek, pada daerah ini respon gerakan akan mengecil. Semakin tinggi frekuensim atau semakin rapat antara puncak-puncak gelombang yang berturutan, maka akan memberikan

efek seperti bangunan laut bergerak di atas air yang relatif datar. Oleh karena itu gerakan bangunan laut diistilahkan sebagai *platforming* (Djatkiko, 2012).

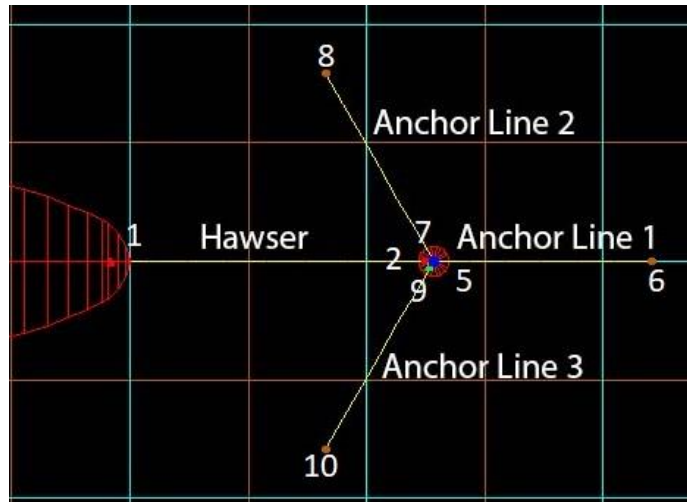
4.3 ANALISIS *TENSION* MAKSIMUM PADA *MULTI LEG ANCHOR MOORING*

Analisis *tension* pada sistem *mooring* menggunakan metode *time domain* yang dilakukan selama 3 jam (10800 s). *Multi leg anchor mooring* ini terdiri dari *hawser*, *mooring chain*, *sinker line* dan *anchor lines*. Untuk analisis *tension* ini membutuhkan data hidrodinamis kapal dan *buoy*, spesifikasi *mooring line* dan *sinker* yang digunakan, dan yang terakhir data *metocean*. Arah pembebanan lingkungan menggunakan *collinear*, dan posisi letak anchor *inline*. Nantinya akan dihasilkan *tension* maksimum di setiap ujung *mooring line*. Analisis *tension* mooring line dilakukan dengan meninjau kondisi muatan kapal yaitu *ballast load* dan *full load*.

Dari hasil yang didapatkan, diambil *tension* maksimum yang nantinya akan digunakan untuk mencari kekuatan *swivel* menggunakan *software* ANSYS. *Tension* yang dibutuhkan untuk mencari kekuatan *swivel* hanya hasil *tension* dari *hawser* dan *mooring chain*.



Gambar 4.10 Pemodelan *Multi Leg Anchor Mooring* Tampak Samping menggunakan Orcaflex



Gambar 4.11 Pemodelan *Multi Leg Anchor Mooring* Tampak Atas menggunakan Orcaflex

Keterangan pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11

- | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 = <i>Hawser End A</i> | 2 = <i>Hawser End B</i> | 3 = <i>Mooring Chain End A</i> |
| 4 = <i>Mooring Chain End B</i> | 5 = <i>Anchor Line 1 End A</i> | 6 = <i>Anchor Line 1 End B</i> |
| 7 = <i>Anchor Line 2 End A</i> | 8 = <i>Anchor Line 2 End B</i> | 9 = <i>Anchor Line 3 End A</i> |
| 10 = <i>Anchor Line 3 End B</i> | 11 = <i>Sinker Line End A</i> | 12 = <i>Sinker Line End B</i> |

Berikut hasil *tension* yang didapatkan setelah proses *running* selama 3 jam (10800 s) dapat dilihat di Tabel 4.4 dan Tabel 4.5. Perhitungan *minimum breaking load* yang terpengaruh oleh laju korosi dapat dihitung dengan persamaan 4.1 berikut.

$$MBL_{terkorosi} = MBL \times \left(\frac{D\phi - 2\Delta T}{D\phi} \right) \dots \dots \dots (4.1)$$

Dengan,

$MBL_{terkorosi}$ = *Minimum Breaking Load* terkorosi

MBL = *Minimum Breaking Load*

$D\phi$ = Diameter Chain

Δ = Laju Korosi

T = Tahun

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan } MBL_{\text{terkorosi}} \text{ Mooring Chain} &= 6916 \times \left(\frac{92 - 2(0.4)10}{92} \right) \\ &= 6308.17 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan } MBL_{\text{terkorosi}} \text{ Anchor dan Sinker Line} &= 8753 \times \left(\frac{55.5 - 2(0.4)10}{55.5} \right) \\ &= 8077.83 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Hasil *Tension* Maksimum pada *Multi Leg Anchor Mooring* kondisi *Full Load*

Nama Tali	Posisi	End Tension (kN)	MBL (kN)	Safety Factor	Status
Hawser	1	990.57	2864	2.89	Memenuhi
	2	990.78	2864	2.89	Memenuhi
Mooring Chain	3	2439.76	6308.17	2.59	Memenuhi
	4	2382.26	6308.17	2.65	Memenuhi
Anchor Line 1	5	1869.87	8077.83	4.32	Memenuhi
	6	1867.33	8077.83	4.33	Memenuhi
Anchor Line 2	7	776.58	8077.83	10.40	Memenuhi
	8	769.55	8077.83	10.50	Memenuhi
Anchor Line 3	9	281.96	8077.83	28.65	Memenuhi
	10	275.04	8077.83	29.37	Memenuhi
Sinker Line	11	1019.35	8077.83	7.92	Memenuhi
	12	1016.95	8077.83	7.94	Memenuhi

Tabel 4.5 Hasil *Tension* Maksimum pada *Multi Leg Anchor Mooring* kondisi *Ballast Load*

Nama Tali	Posisi	End Tension (kN)	MBL (kN)	Safety Factor	Status
Hawser	1	792.56	2864	3.61	Memenuhi
	2	792.56	2864	3.61	Memenuhi

Mooring Chain	3	2188.25	6308.17	2.88	Memenuhi
	4	2113.47	6308.17	2.98	Memenuhi
Anchor Line 1	5	1586.24	8077.83	5.09	Memenuhi
	6	1583.04	8077.83	5.10	Memenuhi
Anchor Line 2	7	272.48	8077.83	29.65	Memenuhi
	8	354.83	8077.83	22.77	Memenuhi
Anchor Line 3	9	305.77	8077.83	26.42	Memenuhi
	10	300.05	8077.83	26.92	Memenuhi
Sinker Line	11	995.85	8077.83	8.11	Memenuhi
	12	993.22	8077.83	8.13	Memenuhi

Dari hasil kedua tersebut, dapat dilihat bahwa *tension* maksimum terjadi pada kondisi *full load*. Hasil *tension* tiap *mooring line* dengan kondisi kapal *full load* lebih besar daripada kapal *ballast load*. Untuk menganalisis tegangan lokal *swivel* membutuhkan *tension* yang maksimum yang telah dilakukan analisis dinamis. *Tension* yang digunakan untuk menganalisis *swivel* dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil *Tension* Maksimum untuk Analisis Tegangan *Swivel*

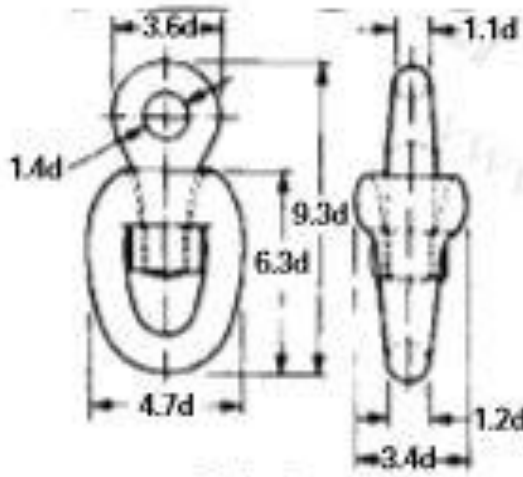
Nama Tali	Posisi	End Tension (kN)
Hawser	2	990.78
Mooring Chain	3	2439.76
	4	2382.26

4.4 PEMODELAN *FINITE ELEMENT SWIVEL*

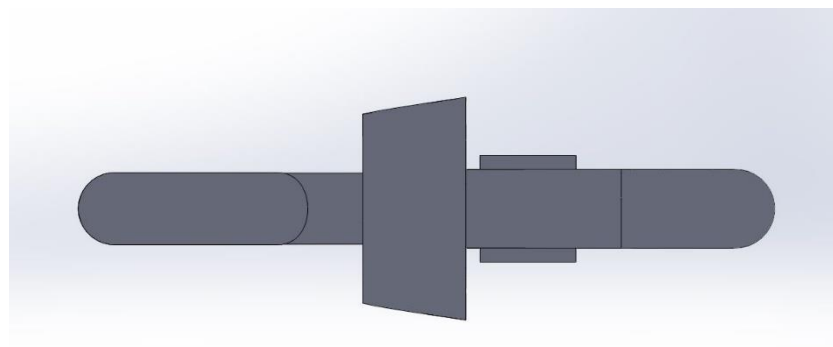
Pemodelan metode elemen hingga digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan pendekatan numerik dengan membagi suatu benda yang akan dianalisis, menjadi beberapa jumlah elemen. Bagian elemen tersebut saling berhubungan yang disebut noda. Pada tugas akhir ini, penulis menggunakan *software* ANSYS. Terdapat beberapa jenis dalam metode elemen hingga, yaitu

elemen *solid*, *shell*, dan *membrane*. Pada tugas akhir ini digunakan elemen *solid* karena analisis yang ditinjau memperhatikan besar ketebalan suatu struktur.

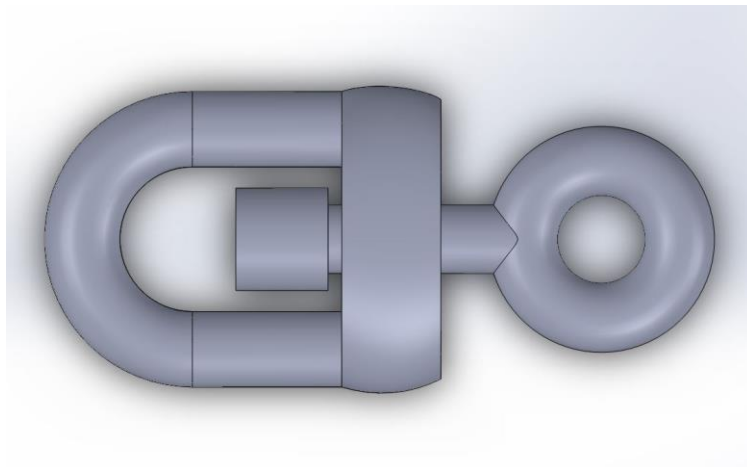
Langkah selanjutnya yaitu memodelkan struktur *swivel* yang nantinya di analisis kekuatan lokalnya menggunakan *software* ANSYS. Sebelum memasuki *software* ANSYS, *Swivel* dimodelkan dengan menggunakan *software* Solidworks. *Swivel* yang digunakan pada tugas akhir ini bertipe *bow & eye swivel*. Untuk ukuran dan bentuk *swivel* mengacu pada katalog “BALMORAL MARINE – Marine Equipment Handbook”. Didapatkan ukuran setiap detail *swivel* dengan faktor diameter yang akan dikalikan dengan diameter *mooring chain*. Diameter dari *mooring chain* sebesar 92 mm dengan tipe *studless* dan *grade* R3. Ukuran dan desain *swivel* dapat dilihat pada Gambar 4.12. hasil *swivel* dengan *software* Solidworks dapat dilihat pada Gambar 4.13 – 4.15.



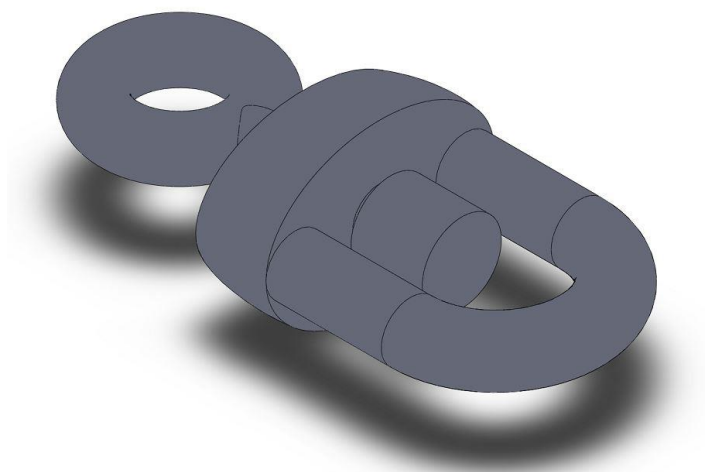
Gambar 4.12 Desain dan ukuran *swivel*



Gambar 4.13 Desain *swivel* tampak samping menggunakan *software* Solidworks

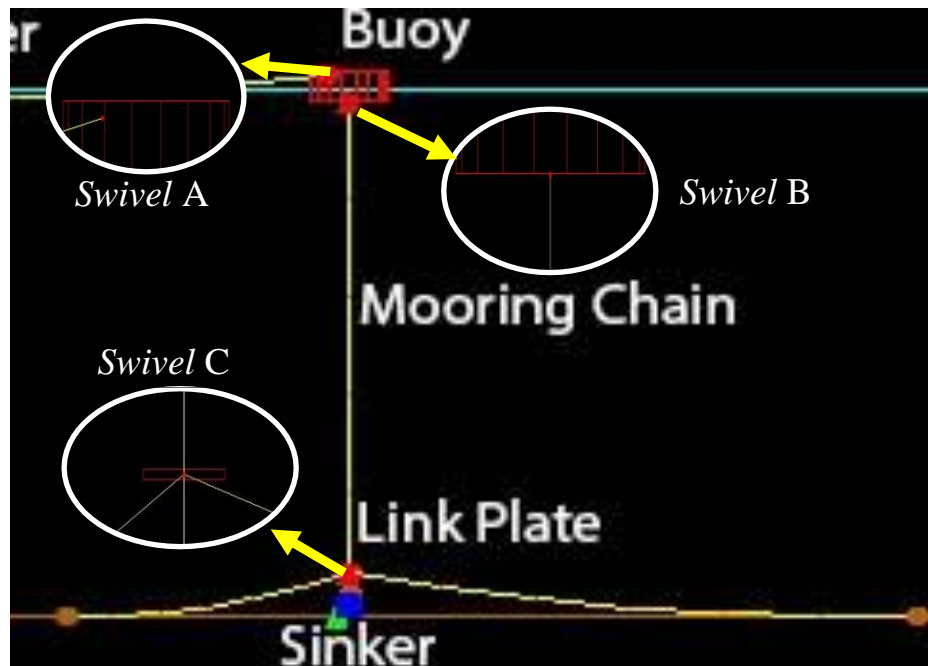


Gambar 4.14 Desain *swivel* tampak atas menggunakan *software* Solidworks



Gambar 4.15 Desain *swivel* tampak isometri menggunakan *software* Solidworks

Pada tugas akhir ini menganalisis tegangan lokal *swivel* dengan variasi perletakan *swivel* diatas *buoy* dan dibawah *buoy*. Berikut gambaran variasi perletakkan *swivel* yang dapat dilihat pada Gambar 4.16



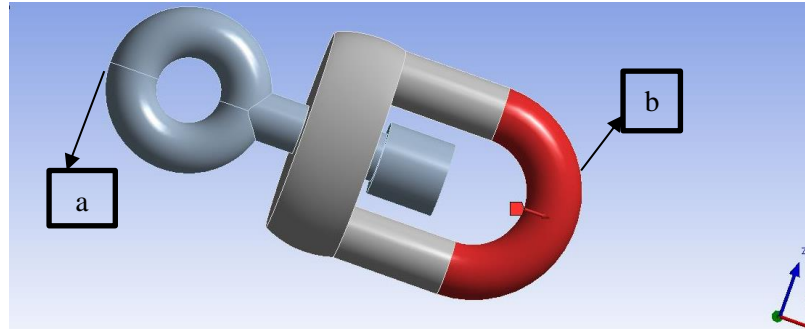
Gambar 4.86 Variasi Perletakkan lokasi *swivel*

4.5 TUMPUAN STRUKTUR *SWIVEL*

Dalam perhitungan mekanika teknik, terdapat tiga jenis tumpuan pada struktur, yaitu tumpuan *pin*, *roll*, dan *fix*. Pada analisis tegangan lokal *swivel* ini menggunakan *software* ANSYS. Beban yang digunakan yaitu beban *tension* maksimum hasil dari *software* Orcaflex. Variasi perletakkan *swivel* membuat *tension* yang dibutuhkan berbeda-beda.

Tabel 4.7 *Tension* maksimum tiap variasi posisi perletakan *swivel*

Posisi perletakan <i>swivel</i>	Tension (kN)
<i>Swivel A</i>	990.78
<i>Swivel B</i>	2439.76
<i>Swivel C</i>	2382.26



Gambar 4.17 Pembebanan pada struktur swivel

Tumpuan *swivel* pada software ANSYS dapat dilihat pada Gambar 4.17 terdapat huruf (a) yaitu letak tumpuan dari *swivel* menggunakan *pinned support*, lalu huruf (b) yaitu lokasi diberinya gaya tarik yang telah ditentukan seperti pada Tabel 4.7. Tumpuan pin akan memberikan reaksi terhadap gaya horinzontal maupun vertical tetapi tidak dapat menerima momen. Material yang digunakan swivel yaitu *grade* R3 dengan material properties yang dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Mechanical Properties setiap Grade (DNV OS E302)

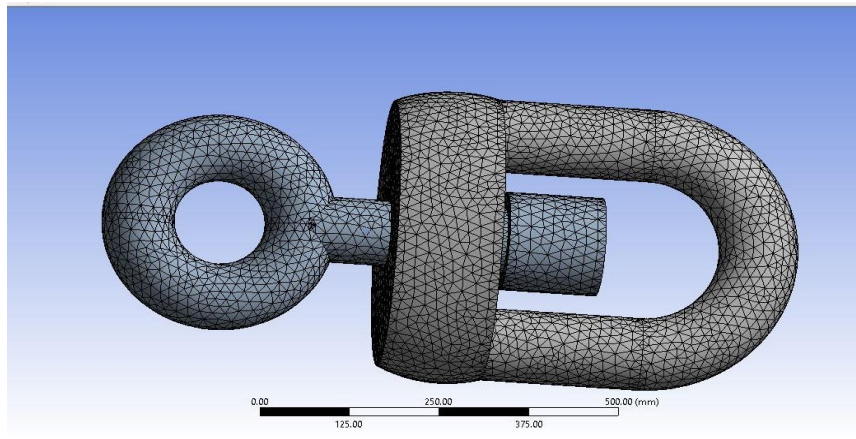
Table C3 Minimum mechanical properties for chain cables									
Grade	Yield stress	Tensile strength	Elongation	Reduction of area	Charpy V-notch				
	R_e	R_m	A_5	Z	Temperature ¹⁾	Base		Weld	
	N/mm^2	N/mm^2	%	%		Average energy	Single energy	Average energy	Single energy
					°C	J	J	J	J
R3	410	690	17	50 ²⁾	0	60	45	50	38
					-20	40	30	30	23
R3S	490	770	15	50 ²⁾	0	65	49	53	40
					-20	45	34	33	25
R4	580	860	12	50 ³⁾	-20	50	38	36	27
R4S	700	960	12	50 ³⁾	-20	56	42	40	30
R5	760	1000	12	50 ³⁾	-20	58	44	42	32

¹⁾ For grade R3 and R3S, testing may be carried out at either 0°C or -20°C.
²⁾ For cast accessories, the minimum value shall be 40%.
³⁾ For cast accessories, the minimum value shall be 35%.

Nantinya *yield stress* dan *tensile strength* dimasukkan kedalam ANSYS sebagai material *properties*, dengan yield stress 410 N/mm² dan *tensile strength* 690 N/mm².

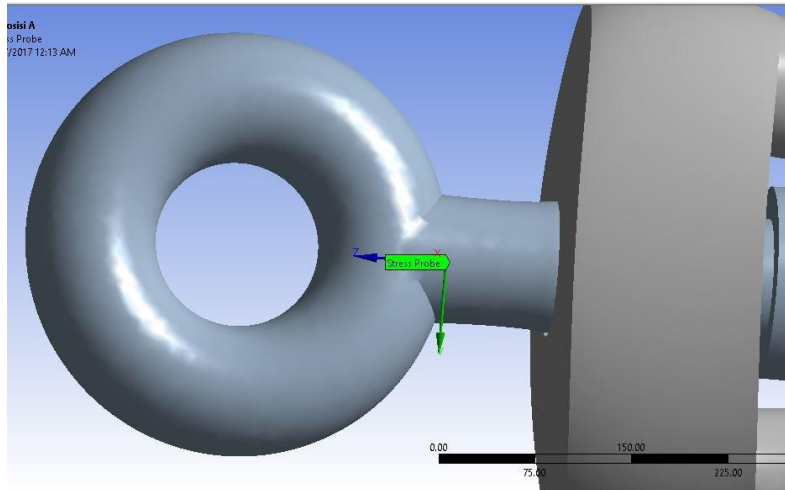
4.6 MESHING SENSITIVITY

Setelah pemodelan *swivel* dilakukan menggunakan *software Solidworks*, analisis selanjutnya adalah melakukan *meshing*. *Meshing* adalah pembagian model struktur menjadi elemen-elemen kecil sesuai dengan ukuran pembagi yang diinginkan. *Meshing* berfungsi sebagai distribusi tegangan pada elemen-elemen kecil. Analisis *meshing sensitivity* dilakukan untuk mengukur keakuratan output dari pemodelan metode elemen hingga dengan *software ANSYS* akibat dari ukuran elemen yang digunakan. Berikut *meshing* pada *swivel* dapat dilihat pada Gambar 4.18



Gambar 4.18 *Meshing* pada struktur *swivel*

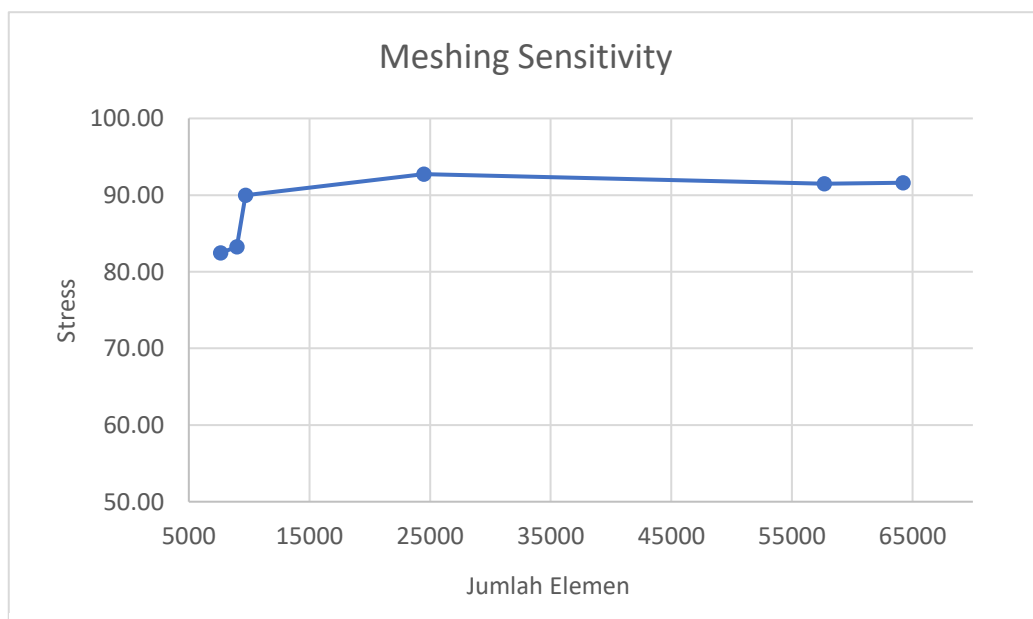
Melakukan *meshing sensitivity* dengan cara memberi *Stress Probe* titik tertentu dapat dilihat pada Gambar 4.19. *Stress Probe* berfungsi meninjau *stress* yang terjadi dengan mengganti ukuran *meshing* hingga *stress* konstan. Analisis sensitivitas *meshing* ini dilakukan disetiap letak posisi *swivel* yang divariasikan yaitu *swivel A*, *swivel B* dan *swivel C*.



Gambar 4.19 *Stress Probe* pada struktur swivel

Tabel 4.9 Tabulasi variasi *meshing* pada swivel A

<i>Condition Sizing</i>	<i>Element</i>	<i>Stress (MPa)</i>	<i>Element Size (mm)</i>
1	7642	82.46	20
2	8994	83.24	18
3	9702	89.97	15
4	24468	92.74	10
5	57673	91.48	9
6	64197	91.62	8

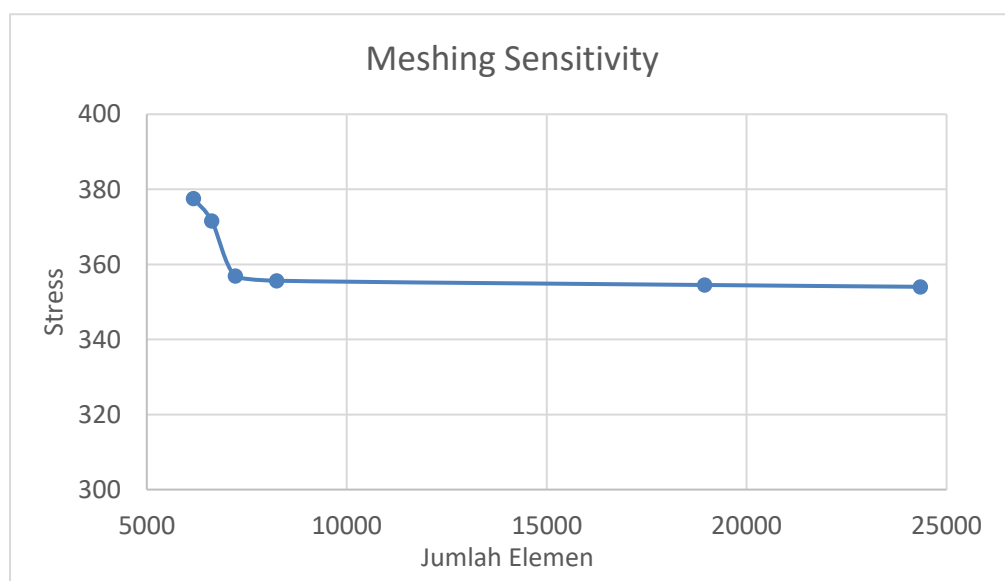


Gambar 4.20 Grafik kerapatan *meshing* pada swivel A

Dari Tabel 4.9 diatas terdapat 6 kondisi *meshing* dimana 6 kondisi tersebut memiliki jumlah elemen yang berbeda. Untuk kondisi yang pertama memiliki jumlah elemen 7642 dengan *stress* yang didapatkan menggunakan fitur *Stress Probe* sebesar 82.46 MPa. Kondisi kedua memiliki jumlah elemen 8994 dengan *stress* yang didapatkan sebesar 83.24 MPa. Pada kondisi keempat hingga keenam *stress* yang didapatkan mulai konstan. Sehingga dipilih kondisi keenam dengan jumlah elemen 64197, *stress* sebesar 91.62 MPa dan ukuran *meshing* sebesar 8 mm. Berdasarkan Gambar 4.20 grafik menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada setiap kondisi *meshing* sudah konstan.

Tabel 4.10 Tabulasi variasi *meshing* pada *swivel B*

Condition Sizing	Element	Stress (MPa)	Element Size (mm)
1	6164	377.57	30
2	6624	371.57	28
3	7212	356.92	25
4	8249	355.65	20
5	18952	354.51	15
6	24348	354.03	12

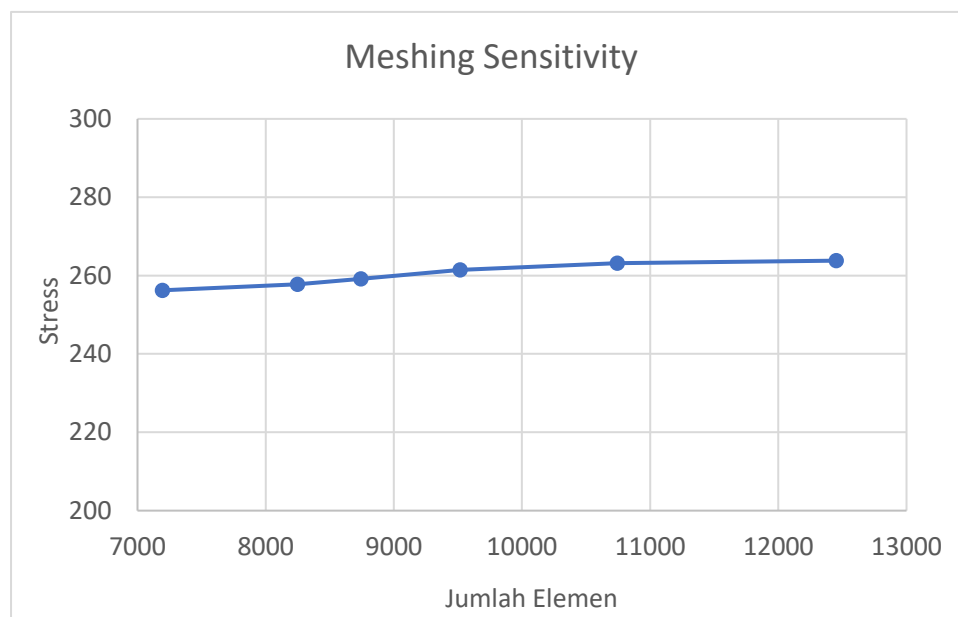


Gambar 4.21 Grafik kerapatan *meshing* pada *swivel B*

Dari Tabel 4.10 diatas terdapat 6 kondisi *meshing* dimana 6 kondisi tersebut memiliki jumlah elemen yang berbeda. Untuk kondisi yang pertama memiliki jumlah elemen 6164 dengan *stress* yang didapatkan menggunakan fitur *Stress Probe* sebesar 377.57 MPa. Kondisi kedua memiliki jumlah elemen 6624 dengan *stress* yang didapatkan sebesar 371.57 MPa. Pada kondisi ketiga dari terakhir *stress* yang didapatkan mulai konstan. Sehingga dipilih kondisi keenam dengan jumlah elemen 24348, *stress* sebesar 354.03 MPa dan ukuran *meshing* sebesar 12 mm. Berdasarkan Gambar 4.21 grafik menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada setiap kondisi *meshing* sudah konstan.

Tabel 4.61 Tabulasi variasi *meshing* pada *swivel C*

Condition Sizing	Element	Stress (MPa)	Element Size (mm)
1	7194	256.24	25
2	8249	257.74	20
3	8742	259.74	18
4	9518	261.43	16
5	10742	263.16	15
6	12452	263.81	10

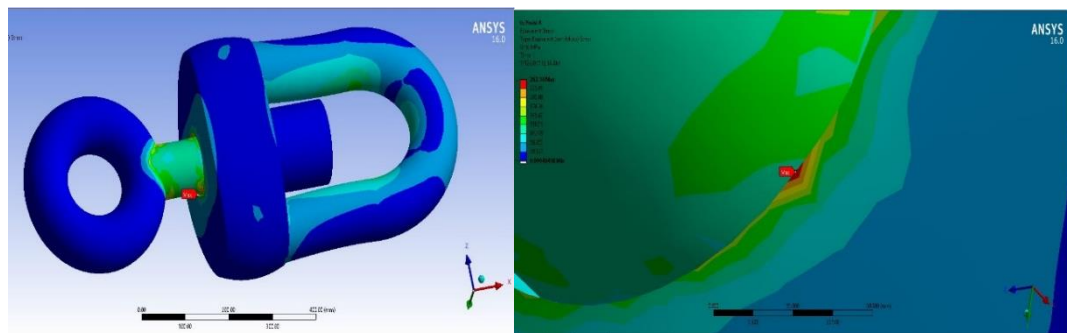


Gambar 4.29 Grafik kerapatan *meshing* pada *swivel C*

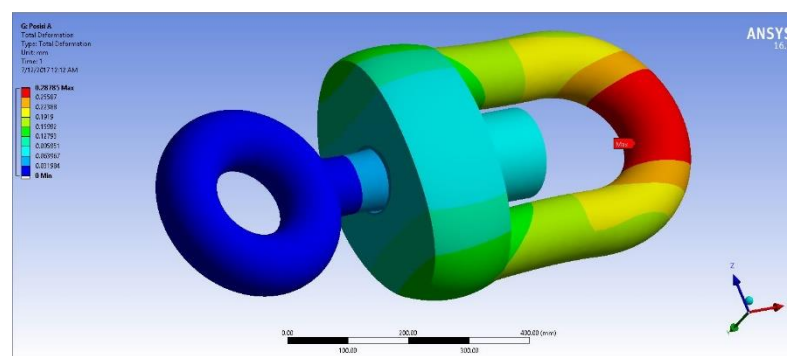
Dari Tabel 4.11 dapat dilihat untuk kondisi yang pertama memiliki jumlah elemen 7194 dengan *stress* yang didapatkan menggunakan fitur *Stress Probe* sebesar 256.24 MPa. Kondisi yang kedua memiliki jumlah elemen 8249 dengan *stress* sebesar 257.74. Dipilih kondisi *mesh* sebesar 10 mm, dengan jumlah elemen 12452 dan *stress* 263.81 MPa. Berdasarkan Gambar 4.22 grafik menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada pada swivel C setiap kondisi *meshing* sudah konstan.

4.7 ANALISIS TEGANGAN LOKAL SWIVEL DENGAN SOFTWARE ANSYS

Setelah dianalisa *meshing sensitivity* dilakukan *running* untuk mencari tegangan *equivalent* (*Von Mises*) struktur *swivel* disetiap posisinya, *swivel A*, *swivel B*, dan *swivel C*. tegangan *von mises* sendiri adalah tegangan gabungan (*equivalent*) antara *shear stress* dan *axial stress* terhadap semua arah bidang elemen dengan pendekatan matriks. Nantinya akan dibandingkan hasil tegangan *von mises* dan deformasi yang terjadi, lalu akan dipilih posisi *swivel* manakah yang mengalami tegangan *von mises* dan deformasi yang terkecil.

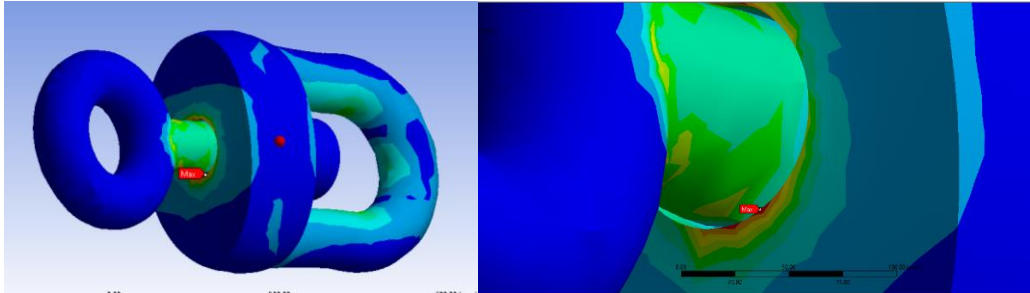


Gambar 4.23 Hasil tegangan maksimum *von mises* pada *swivel A*

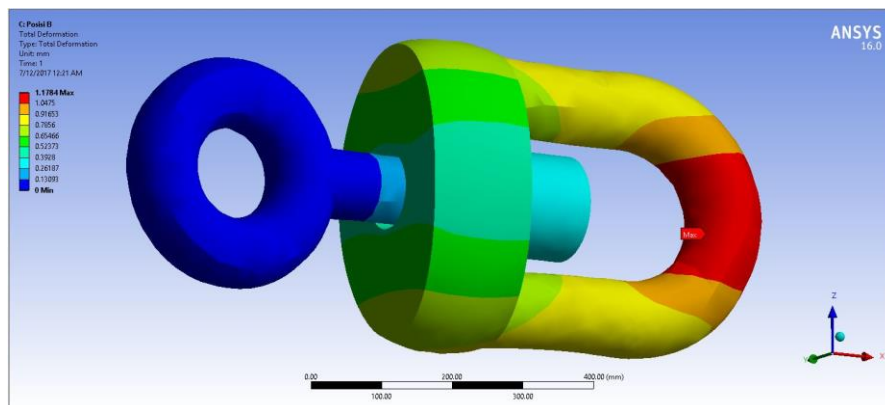


Gambar 4.24 Deformasi *swivel A*

Pada Gambar 4.23 merupakan hasil dari tegangan maksimum *von mises* yang terjadi pada struktur *swivel* A. Tegangan yang terjadi pada *swivel* sebesar 262.14 MPa. Deformasi yang terjadi pada struktur *swivel* sebesar 0.288 mm terlihat di Gambar 4.24.

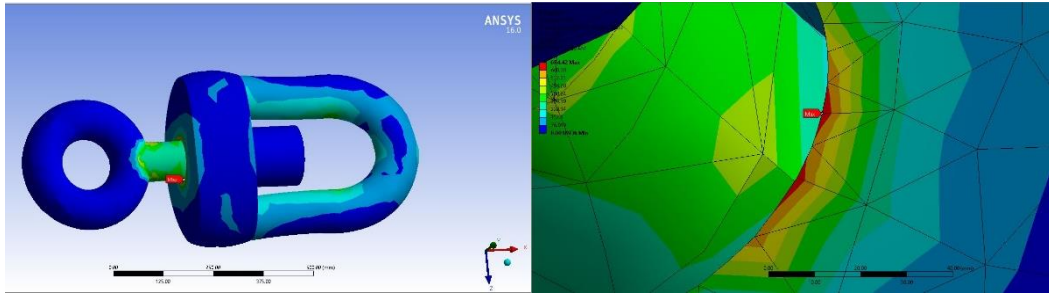


Gambar 4.25 Hasil tegangan maksimum *von mises* pada *swivel* B

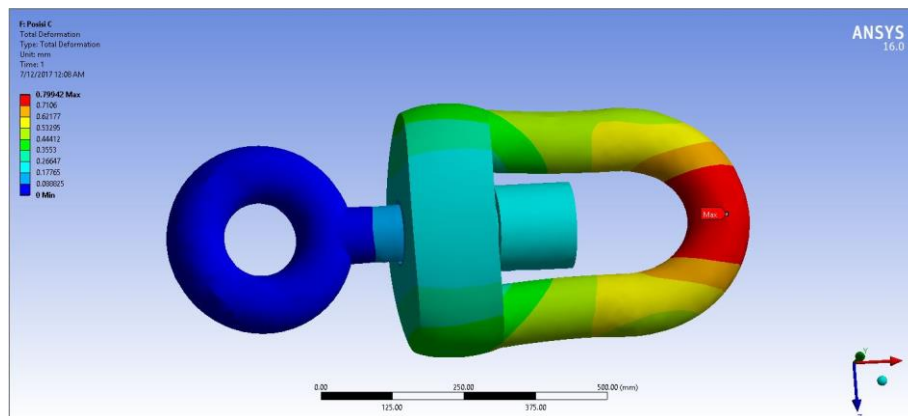


Gambar 4.26 Deformasi *swivel* B

Pada Gambar 4.25 merupakan hasil dari tegangan maksimum *von mises* yang terjadi pada struktur *swivel* B. Tegangan yang terjadi pada *swivel* sebesar 755.41 MPa. Pada Gambar 4.26 deformasi yang terjadi pada struktur *swivel* sebesar 1.178 mm.



Gambar 4.27 Hasil tegangan maksimum *von mises* pada *swivel C*



Gambar 4.28 Deformasi *swivel C*

Pada Gambar 4.27 merupakan hasil dari tegangan maksimum *von mises* yang terjadi pada struktur *swivel C*. Tegangan yang terjadi pada *swivel* sebesar 684.42 MPa. Pada Gambar 4.28 deformasi yang terjadi pada struktur *swivel* sebesar 0.8 mm.

Tabel 4.12 Rangkuman tegangan *von mises* dari 3 posisi

Tegangan <i>von Mises</i>	<i>Swivel</i> dengan posisi		
	A	B	C
Max (Mpa)	262.14	755.41	684.42
Total Deformasi			
Max (mm)	0.288	1.178	0.8

Berdasarkan Tabel 4.12 dari ketiga variasi yang dilakukan dengan merubah lokasi peletakkan *swivel* tegangan *von mises* terbesar terjadi di *swivel* B dengan 755.41 MPa diikuti dengan *swivel* C sebesar 684.42 MPa dan yang tegangan *von mises* yang paling kecil yaitu pada *swivel* A sebesar 262.14 MPa. Berdasarkan ketentuan dari ABS “Safehul-Dynamic Loading Approach for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) Systems” tegangan *von mises* yang terjadi tidak boleh melebihi 90% dari *yield stress* dari material yang digunakan. Material *swivel* yang digunakan pada analisis ini yaitu R3 yang mempunyai *yield stress* sebesar 410 MPa.

Yield stress yang dianjurkan oleh ABS yaitu dibawah 369 MPa. Sehingga pemilihan alasan lokasi yang dipilih dikarenakan *swivel* A yang memiliki tegangan *von mises* sebesar 262.14 MPa yang memenuhi anjuran dari ABS “Safehull-Dynamic Loading Approach for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) Systems”.

BAB V

SARAN DAN KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat dibuat berdasarkan pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. *Tension* maksimum yang terjadi antara kondisi kapal *full load* dan *ballast load*, hasil *tension* maksimum yang lebih besar terjadi pada kondisi kapal *full load* daripada kondisi kapal *ballast load*. *Tension* maksimum yang digunakan untuk menganalisis swivel antara lain 990.78 kN untuk *swivel A*, 2439.76 kN untuk *swivel B*, dan 2382.26 kN untuk *swivel C*.
2. Analisis tegangan lokal *swivel* dengan variasi letak posisi swivel didapatkan *swivel A* (diatas *buoy*) yang memiliki tegangan *von mises* yang terkecil sebesar 262.14 MPa dan deformasi maksimum 0.288 mm. Menurut ABS *swivel A* termasuk posisi yang aman dikarenakan tegangan yang diperoleh tidak melebihi dari 90% *yield stress* dari *grade R3*. Sedangkan tegangan lokal *swivel* pada *swivel B* memiliki tegangan *von mises* sebesar 755.41 MPa dengan deformasi maksimum 1.178 mm dan *swivel C* memiliki tegangan *von mises* sebesar 684.42 MPa dengan deformasi maksimum 0.8 mm.

5.2 SARAN

Penulis mempunyai beberapa saran yang dapat digunakan untuk melanjutkan tugas akhir ini, sebagai berikut :

1. Dapat dianalisis *fatigue life* dari struktur *swivel*
2. Analisis *Mooring* dengan menambahkan *shuttle tanker* untuk memerhatikan kondisi *Offloading* berupa tandem atau *side-by-side*.
3. Dapat dilakukan analisis AHP untuk pemilihan lokasi *swivel* dengan mempertimbangkan proses instalasi

DAFTAR PUSTAKA

- ABS, 2001, „*Safehull-Dynamic Loading Approach' for Floating Production, Storage and Offloading (FPSO) Installations*, USA: American Bureau of Shipping ABS Plaza.
- API RP 2SK., 2005. Recommended Practice for Design and Analysis of Station Keeping Systems for Floating Structures. Washington, DC: American Petroleum Institute.
- Afriansyah, R. dan Aryawan, W.D. 2013. Perancangan Buoy Mooring System untuk Loading-Unloading Aframax Tanker di Terminal Kilang Minyak Balongan, Surabaya: ITS.
- Arun S., Liu Y., and Caspar N., 2004. “*Global Analysis of Shallow Water FSPOs*”. Offshore Technology Conference. OTC 16720
- BALMORAL MARINE – “Marine Equipment Handbook”, 2010
- Bhattacharyya. R., 1978, Dynamics of Marine Vehicles, New York: John Wiley & Sons Inc.
- Bjornsen, E. 2014, “*Chains in Mooring Systems*”, Department of Structural Engineering, Norwegian University of Science and Technology.
- Boy R. and Smith B., 1984, “*Design Improvements to Fish Aggregation Device (FAD) Mooring Systems in General Use in General Use in Pacific Island Countries*” South Pacific Commission, New Caledonia.
- Chen, X. 2011. “*Offshore Hydrodynamic and Applications. The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering, Vol. 4, No.3*”. Neully-Sur-Seine : Taylor & Francis Group.
- Cozjin, J.L and Bunnik, T.H.J., 2004, “*Coupled Mooring Analysis for a Deep Water CALM Buoy*”. 23rd International Conference on Offshore Mechanic and Arctic Engineering. OMAE2004-51370.

- Chakrabarti, S.K. 1987. "Hydrodynamics of Offshore Structure". Berlin: Computational Mechanics Publications Southampton.
- Djarmiko, E. B., 2003, "Seakeeping: Perilaku Bangunan Apung di atas Gelombang Acak", Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- Djarmiko, E. B, 2012, Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak, its press, Surabaya
- DNV OS E301, 2004, "Position Mooring", Norway.
- DNV OS E302, 2008, "Offshore Mooring Chain", Norway.
- Faltinsen, O.M., 1990, "Sea Loads On Ships And Offshore Structures", United Kingdom : Cambridge University Press.
- Kusumawardhani, H.T., 2011 ."Analisa Resiko Pada Mooring Line SPM (Single Point Mooring) Akibat Beban Kelelahan)", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kelautan, ITS, Surabaya
- Popov, E. P., 1996, Mekanika Teknik, Jakarta: Erlangga.
- Pratt Jr, M.J. 1993. *Marine mooring swivel fitting*. USA : 113 Whiskers La., Litchfield, Conn. 06759.
- Rizkiarsa, E. E., 2016, *Analisa Kekuatan Lokal Swivel Pada Spread Mooring untuk FSO*, Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- Saidee, M. H., 2015, "*Fatigue Analysis and Design of Mooring Systems. Assessment and comparasion of different methods*", Department of Marine Technology, Norwegian University of Science and Technology.
- Shelf, N. C., 2014, "*Anchor line failures*" Norway.
- Soedjono, J. J., 1998, "Diktat Mata kuliah Konstruksi Bangunan Laut II", Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- Transactions, S. 1997, "*Design and Construction of a Floating Storage and Offlading Vessel Escravos LPG FSO*". Vol. 105

LAMPIRAN A

PEMODELAN STORAGE TANKER DENGAN
MOSES

Output MOSES kondisi kapal Ballast Load

Page 1 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

```
*****
*****      *                               *** MOSES ***      *
*****

*                               ----- May 1, 2017 *
*
*   Storage Tanker (Ballast Load) *
*
*                               *
```

```
*****
*****
```

+++ HYDROSTATIC PROPERTIES +++

=====

For Body KAPAL

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

```
/--- Condition ---/- Displac-/ -- Center Of Buoyancy --/ / W.P. /C. Flotation / /---- Metacentric Heights ----/
Draft Trim Roll M-Tons ---X--- ---Y--- ---Z--- Area ---X--- ---Y--- -KMT- -KML- -BMT- -BML-

0.60 0.00 0.00 4392.87 -113.64 -0.00 0.31 7607.751 -113.63 -0.00 211.27 5541.27 210.97 5540.96
1.20 0.00 0.00 9204.55 -113.64 -0.00 0.62 8008.858 -113.67 -0.00 112.42 2923.07 111.80 2922.45
1.80 0.00 0.00 14210.93 -113.66 -0.00 0.93 8252.558 -113.75 -0.00 77.56 2017.33 76.63 2016.40
2.40 0.00 0.00 19335.91 -113.70 -0.00 1.24 8406.793 -113.84 -0.00 59.33 1549.33 58.09 1548.09
3.00 0.00 0.00 24541.29 -113.74 -0.00 1.55 8521.460 -113.97 -0.00 48.31 1262.72 46.76 1261.17
3.60 0.00 0.00 29810.11 -113.80 -0.00 1.86 8614.048 -114.14 -0.00 41.02 1067.86 39.16 1066.01
4.20 0.00 0.00 35130.52 -113.86 -0.00 2.17 8690.990 -114.32 -0.00 35.89 925.94 33.72 923.77
4.80 0.00 0.00 40495.46 -113.94 -0.00 2.48 8758.852 -114.58 -0.00 32.11 818.70 29.64 816.23
5.40 0.00 0.00 45899.84 -114.03 -0.00 2.79 8821.194 -114.91 -0.00 29.24 735.29 26.45 732.50
6.00 0.00 0.00 51342.62 -114.15 -0.00 3.10 8883.304 -115.34 -0.00 27.00 669.66 23.90 666.57
6.60 0.00 0.00 56822.42 -114.28 -0.00 3.40 8931.497 -115.64 -0.00 25.22 612.89 21.82 609.49
7.20 0.00 0.00 62334.28 -114.43 -0.00 3.71 8998.227 -116.23 -0.00 23.80 570.69 20.09 566.97
7.80 0.00 0.00 67888.11 -114.60 -0.00 4.02 9068.069 -116.88 -0.00 22.65 535.93 18.63 531.91
8.40 0.00 0.00 73485.51 -114.80 -0.00 4.33 9141.310 -117.57 -0.00 21.71 507.04 17.38 502.71
```

```

*****
*****      *                               *** MOSES ***                               *
*
*           ----- May 1, 2017 *
*
*   Storage Tanker (Ballast Load) *
*
*                               *
*****
*****

```

+++ HYDROSTATIC COEFFICIENTS +++

=====

For Body KAPAL

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

			Wetted	Load To Change	/---	For KG = KB	---/
/---			Condition ---/	Displacement	Surface	Draft 1 MM	Moment To Change .01 Deg
Draft	Trim	Roll	-----	-----	-----	--- Heel ---	--- Trim ---
0.00	0.00	0.00	-0.00	6428.9	6.59	-140.72	-3761.24
0.60	0.00	0.00	4392.87	7671.2	7.80	161.75	4248.25
1.20	0.00	0.00	9204.55	8209.4	8.21	179.61	4694.91
1.80	0.00	0.00	14210.93	8649.8	8.46	190.06	5001.24
2.40	0.00	0.00	19335.91	9051.7	8.61	196.03	5224.41
3.00	0.00	0.00	24541.29	9440.3	8.73	200.27	5401.91
3.60	0.00	0.00	29810.11	9823.9	8.83	203.76	5546.27
4.20	0.00	0.00	35130.52	10206.1	8.91	206.77	5664.04
4.80	0.00	0.00	40495.46	10587.2	8.98	209.46	5768.92
5.40	0.00	0.00	45899.84	10966.9	9.04	211.92	5868.11
6.00	0.00	0.00	51342.62	11346.8	9.10	214.21	5973.10
6.60	0.00	0.00	56822.42	11744.4	9.15	216.40	6044.50
7.20	0.00	0.00	62334.28	12119.7	9.22	218.58	6168.31
7.80	0.00	0.00	67888.11	12498.3	9.29	220.74	6302.47
8.40	0.00	0.00	73485.51	12879.8	9.37	222.91	6447.58

* *** MOSES *** *

* ----- May 1, 2017 *

* Storage Tanker (Ballast Load) *

* *

+++ ADDED INERTIA COEFFICIENTS FOR KAPAL +++

=====

Results are in Body System

Pressure Name = KAPAL

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Encounter	Values Normalized By Mass with Weight = 67888.1					
Period	/--- Added Mass Coefficients -----/	/----- Added Radii of Gyration ----/				
Sec.	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--
62.83	0.0268	0.5359	6.3696	15.217	329.270	96.960
31.42	0.0268	0.5703	4.0338	15.583	262.112	99.729
20.94	0.0268	0.6260	2.9185	16.099	222.822	104.030
15.71	0.0268	0.6713	2.3150	16.336	198.134	107.404
12.57	0.0268	0.6512	1.9814	15.759	182.799	106.026
10.47	0.0268	0.5532	1.8113	14.409	174.097	98.745
8.98	0.0268	0.4255	1.7483	12.907	170.246	88.293
7.85	0.0268	0.3101	1.7559	11.736	169.787	77.574
6.98	0.0268	0.2206	1.8064	11.003	171.450	67.955
6.28	0.0268	0.1573	1.8789	10.628	174.210	59.916
5.71	0.0268	0.1155	1.9599	10.488	177.367	53.620
5.24	0.0268	0.0895	2.0036	10.478	179.332	49.031

4.83	0.0268	0.0753	2.0898	10.463	182.929	46.074
4.49	0.0268	0.0619	2.1549	10.551	185.632	42.176
4.19	0.0268	0.0625	2.1960	10.822	187.295	42.768
3.93	0.0268	0.0635	2.2502	10.929	189.692	42.691
3.70	0.0268	0.0638	2.2891	10.978	191.132	42.528
3.49	0.0268	0.0709	2.3167	11.133	192.440	43.528
3.31	0.0268	0.0756	2.3681	11.192	194.438	44.172
3.14	0.0268	0.0801	2.3586	11.277	194.348	44.877

Page 4 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11


```

*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               May 1, 2017                               *
*      Storage Tanker (Ballast Load)                               *
*                               *                               *

```


+++ LINEAR RADIATION DAMPING COEFFICIENTS FOR KAPAL +++

=====

Results are in Body System

Pressure Name = KAPAL

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Encounter	Values Normalized By Mass with Weight = 67888.1					
Period	/-----	Damping / Mass	-----/	/---	Damping Radii of Gyration	---/
Sec.	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--
62.83	0.0000	0.0001	0.4839	0.175	90.782	1.057
31.42	0.0000	0.0022	0.7938	0.970	116.574	5.948
20.94	0.0000	0.0164	0.9552	2.561	128.313	16.104

15.71	0.0000	0.0623	1.0103	4.798	132.577	31.258
12.57	0.0000	0.1482	0.9890	7.054	132.014	48.144
10.47	0.0000	0.2461	0.9133	8.590	127.997	62.080
8.98	0.0000	0.3209	0.8030	9.219	121.490	71.084
7.85	0.0000	0.3633	0.6770	9.203	113.364	75.969
6.98	0.0000	0.3784	0.5515	8.838	104.438	78.038
6.28	0.0000	0.3741	0.4378	8.310	95.411	78.206
5.71	0.0000	0.3579	0.3415	7.724	86.720	77.100
5.24	0.0000	0.3355	0.2630	7.129	79.466	75.164
4.83	0.0000	0.3089	0.2062	6.457	72.433	72.561
4.49	0.0000	0.2817	0.1681	6.140	67.497	69.614
4.19	0.0000	0.2607	0.1326	5.728	61.690	67.320
3.93	0.0000	0.2368	0.1153	5.313	59.656	64.791
3.70	0.0000	0.2086	0.0899	4.672	53.954	61.316
3.49	0.0000	0.1963	0.0795	4.734	52.296	59.804
3.31	0.0000	0.1752	-0.0991	4.392	4.767	57.079
3.14	0.0000	0.1575	0.0628	4.162	48.092	54.685


```

*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               May 1, 2017                               *
*   Storage Tanker (Ballast Load)                               *
*                               *                               *

```


+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL+++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 0.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Page 6 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

```
*****
*****
```

+++PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL+++

Pressure Name = KAPAL Heading = 45.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER Moment /		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	49	-94	74	-94	8750	-2	1489	85	1025914	-3	8531	84
0.2000	31.42	190	-108	292	-108	7832	-11	5771	70	921549	-16	33631	65
0.3000	20.94	394	-131	610	-133	6581	-27	11803	45	786428	-40	71344	33
0.4000	15.71	573	-163	865	-169	4824	-51	16464	8	606673	-76	107210	-12
0.5000	12.57	577	154	785	146	2586	-83	14895	-38	384804	-127	114791	-73
0.6000	10.47	285	104	274	97	454	-98	5639	-96	173106	155	79964	-153
0.7000	8.98	179	-142	273	-150	849	-13	4941	36	82804	22	36953	85
0.8000	7.85	394	152	348	167	660	-51	7495	-30	59736	-100	25151	-53
0.9000	6.98	122	86	227	161	368	-21	1515	-76	13247	88	9723	-110
1.0000	6.28	194	160	167	-165	355	-34	4263	0	11531	-90	12789	148
1.1000	5.71	66	95	282	167	334	-35	2820	-53	17326	-40	20673	-38
1.2000	5.24	89	138	143	-157	85	-15	2157	-4	13844	139	13549	130
1.3000	4.83	45	174	168	179	159	-57	1565	-37	14942	-102	5200	-114
1.4000	4.49	28	-178	152	159	130	-16	1850	-60	6703	9	13889	-85
1.5000	4.19	31	180	178	-175	99	-21	1334	-32	1379	96	7436	9
1.6000	3.93	33	-172	149	179	64	-24	1596	-19	2665	66	5161	27
1.7000	3.70	32	-167	84	-161	55	-101	550	-2	9717	-155	7160	117
1.8000	3.49	29	-166	54	-179	61	-68	629	-46	5974	-105	4349	-163
1.9000	3.31	27	-167	117	-141	153	90	795	11	22793	76	8865	80
2.0000	3.14	25	-168	72	-155	27	-29	528	5	1319	110	4835	113

* *** MOSES *** *

* ----- May 1, 2017 *

* Storage Tanker (Ballast Load) *

* *

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL +++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 90.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw	
Moment /													
		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/ /-----/		/-----/ /-----/		/-----/ /-----/		/-----/ /-----/		/-----/ /-----/			
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0	0	105	-89	8757	2	2108	90	1026610	2	12073	90
0.2000	31.42	0	0	420	-89	7948	8	8271	90	932476	8	48070	90
0.3000	20.94	0	0	931	-91	7129	16	17867	88	837480	16	106389	88
0.4000	15.71	0	0	1573	-93	6352	26	29100	86	747679	26	179264	86
0.5000	12.57	0	0	2184	-96	5616	38	38529	83	662843	38	247997	83
0.6000	10.47	0	0	2593	-96	4913	51	43244	83	581937	51	293421	84
0.7000	8.98	0	0	2758	-92	4239	66	43336	88	504578	66	311728	88
0.8000	7.85	0	0	2724	-84	3601	82	40518	97	431198	82	309309	96
0.9000	6.98	0	0	2546	-72	3008	101	36257	111	362684	101	292523	109
1.0000	6.28	0	0	2284	-55	2470	122	31496	128	299954	121	266202	126
1.1000	5.71	0	0	1990	-34	1996	144	26786	150	243698	143	234638	146
1.2000	5.24	0	0	1703	-8	1552	169	22504	175	191272	168	202070	171

1.3000	4.83	0	0	1436	22	1219	-161	18123	-156	150770	-164	169726	-157
1.4000	4.49	0	0	1222	57	926	-133	15040	-125	115003	-135	141398	-124
1.5000	4.19	0	0	1120	97	600	-101	13225	-88	78044	-105	128293	-83
1.6000	3.93	0	0	1049	139	541	-62	11132	-49	67100	-64	118727	-41
1.7000	3.70	0	0	974	179	366	-23	7631	-12	42060	-22	110342	0
1.8000	3.49	0	0	985	-135	276	22	9111	36	35475	20	112667	45
1.9000	3.31	0	0	926	-93	4277	-163	8258	76	480775	-163	107025	87
2.0000	3.14	0	0	811	-47	219	123	6643	125	30387	120	95299	133

Page 8 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

*	*** MOSES ***	*
*	----- May 1, 2017	*
*	Storage Tanker (Ballast Load)	*
*		*

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL+++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 135.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
Frequency	Period	Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	49	95	74	-84	8750	7	1489	95	1026198	8	8531	96
0.2000	31.42	190	109	292	-70	7833	27	5770	109	925130	33	33621	114
0.3000	20.94	394	132	609	-48	6584	59	11792	132	799892	72	71120	143
0.4000	15.71	573	164	861	-18	4824	103	16369	163	636327	126	105579	-175

0.5000	12.57	577 -153	768 18	2577 160	14526 -157	432156 -160	109545 -120
0.6000	10.47	285 -103	250 58	494 -97	4974 -107	237820 -59	71722 -40
0.7000	8.98	179 143	259 -38	885 100	5116 143	157768 84	34317 99
0.8000	7.85	394 -151	208 43	732 -141	6493 -133	144016 -126	39070 -98
0.9000	6.98	122 -85	110 -101	497 37	1662 42	115070 37	27464 71
1.0000	6.28	194 -159	126 112	417 -142	4174 -125	92164 -138	33422 -82
1.1000	5.71	66 -94	174 -87	360 54	2349 51	71111 61	31786 117
1.2000	5.24	89 -137	161 -168	191 -73	2031 -72	46605 -69	31264 -12
1.3000	4.83	45 -173	113 22	184 164	1505 166	41932 174	30342 -137
1.4000	4.49	28 179	100 -36	170 75	453 -111	35903 78	21604 153
1.5000	4.19	31 -179	109 -125	107 7	794 3	26768 0	17153 56
1.6000	3.93	33 173	41 -118	57 -62	449 -127	15051 -48	10154 20
1.7000	3.70	32 168	61 172	45 -33	357 -72	10075 -30	13896 -9
1.8000	3.49	29 167	86 168	36 -78	478 -34	10556 -72	16679 -22
1.9000	3.31	27 168	22 100	237 -127	373 -93	28073 -103	7949 -34
2.0000	3.14	25 169	43 -160	33 -51	278 -23	7321 -45	8984 24

*

*** MOSES ***

*

*

May 1, 2017

*

*

Storage Tanker (Ballast Load)

*

*

*

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL+++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 180.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw	
Moment /													
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency Period		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	69	97	0	0	8743	9	1	-170	1025712	11	3	-168
0.2000	31.42	264	116	0	0	7720	35	2	-145	916720	43	13	-139
0.3000	20.94	515	149	0	0	6062	77	5	-109	759189	95	30	-95
0.4000	15.71	617	-164	0	0	3519	135	7	-67	529104	169	43	-40
0.5000	12.57	320	-106	0	0	650	-137	3	-33	268407	-82	33	31
0.6000	10.47	247	150	0	0	1045	99	4	-93	157861	84	8	-159
0.7000	8.98	380	-128	0	0	535	-127	4	-39	134540	-100	11	6
0.8000	7.85	99	171	0	0	601	103	5	-72	103842	102	22	-74
0.9000	6.98	156	-104	0	0	254	-40	5	47	73438	-40	28	91
1.0000	6.28	108	-145	0	0	231	173	8	-7	43415	-155	48	-10
1.1000	5.71	60	-170	1	-19	110	157	16	-174	18916	162	91	-164
1.2000	5.24	50	172	5	99	21	150	148	-82	15544	146	1270	-86
1.3000	4.83	49	168	1	170	179	52	9	-10	19520	47	103	-36
1.4000	4.49	49	168	0	0	137	-172	4	106	13897	-165	19	157
1.5000	4.19	46	170	0	0	160	-151	3	-149	24161	-178	33	-118
1.6000	3.93	41	167	0	0	263	72	3	-115	29020	79	43	-51
1.7000	3.70	43	169	4	-159	139	114	78	16	21126	71	752	21
1.8000	3.49	39	-173	0	0	373	-20	4	-80	41554	-17	37	-124
1.9000	3.31	30	-174	1	131	233	44	14	-57	39130	0	326	-51
2.0000	3.14	32	-150	0	0	1031	-58	3	-171	117300	-66	49	170

```

*****
*****

*                               *** MOSES ***                               *

*                               -----                               May 1, 2017                               *

*                               Storage Tanker (Ballast Load)                               *

*                               *                               *

*****
*****

```

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL+++

Pressure Name = KAPAL Heading = 225.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER Moment /		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	49	95	74	95	8750	7	1489	-84	1026207	8	8531	-83
0.2000	31.42	190	109	292	108	7834	27	5771	-70	925161	33	33624	-65
0.3000	20.94	394	132	609	131	6585	59	11794	-47	799938	72	71130	-36
0.4000	15.71	573	164	861	160	4824	103	16372	-17	636362	126	105595	4
0.5000	12.57	577	-153	768	-161	2577	160	14528	22	432151	-160	109552	59
0.6000	10.47	285	-103	250	-121	493	-97	4972	72	237796	-59	71718	139
0.7000	8.98	179	143	260	141	885	100	5121	-36	157776	84	34334	-80
0.8000	7.85	394	-151	208	-136	732	-141	6497	46	144000	-126	39088	81
0.9000	6.98	122	-85	111	78	497	37	1667	-137	115055	37	27491	-108
1.0000	6.28	194	-159	125	-67	417	-142	4185	53	92147	-138	33392	96
1.1000	5.71	66	-94	174	92	360	54	2354	-129	71063	61	31676	-63
1.2000	5.24	89	-137	166	10	191	-73	2177	111	46529	-69	32912	166
1.3000	4.83	45	-173	114	-157	182	164	1512	-12	41739	174	30528	42
1.4000	4.49	28	179	100	143	158	73	450	68	34367	76	21617	-26
1.5000	4.19	31	-179	109	54	104	7	789	-176	26130	0	17145	-123
1.6000	3.93	33	173	41	61	59	-61	445	53	15431	-48	10188	-159
1.7000	3.70	32	168	62	-1	45	-34	251	126	10113	-30	14016	175
1.8000	3.49	29	167	86	-11	37	-78	473	144	10603	-72	16624	157
1.9000	3.31	27	168	19	-85	237	-127	423	75	27983	-103	7364	145
2.0000	3.14	25	169	42	19	33	-56	276	154	7323	-50	8946	-155

* *** MOSES *** *

* ----- May 1, 2017 *

* Storage Tanker (Ballast Load) *

* *

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL +++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 270.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw	
Moment /													
		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0	0	105	90	8757	2	2108	-89	1026624	2	12073	-89
0.2000	31.42	0	0	420	90	7948	8	8271	-89	932521	8	48073	-89
0.3000	20.94	0	0	931	88	7129	16	17869	-91	837557	16	106402	-91
0.4000	15.71	0	0	1574	86	6353	26	29105	-93	747758	26	179293	-93
0.5000	12.57	0	0	2185	83	5617	38	38538	-96	662877	38	248044	-96
0.6000	10.47	0	0	2594	83	4912	51	43256	-96	581889	51	293482	-96
0.7000	8.98	0	0	2759	87	4238	66	43350	-91	504447	66	311796	-91
0.8000	7.85	0	0	2725	95	3599	82	40533	-82	430994	82	309380	-83
0.9000	6.98	0	0	2547	107	3005	101	36275	-68	362417	101	292598	-70
1.0000	6.28	0	0	2285	124	2467	122	31520	-51	299623	121	266290	-53
1.1000	5.71	0	0	1991	145	1992	144	26828	-29	243292	143	234775	-33
1.2000	5.24	0	0	1699	171	1547	169	22347	-4	190763	168	201321	-7

1.3000	4.83	0	0	1435	-157	1210	-161	18099	23	149792	-164	169644	22
1.4000	4.49	0	0	1221	-122	918	-133	15030	54	114634	-135	141313	55
1.5000	4.19	0	0	1119	-82	596	-101	13217	91	77273	-105	128113	96
1.6000	3.93	0	0	1048	-40	538	-62	11112	130	66776	-64	118597	138
1.7000	3.70	0	0	968	0	340	-25	7477	167	39097	-24	109108	-179
1.8000	3.49	0	0	985	44	274	22	9093	-143	35290	21	112596	-134
1.9000	3.31	0	0	916	89	4282	-163	7631	-93	481472	-163	105715	-89
2.0000	3.14	0	0	811	132	216	122	6632	-54	30183	119	95227	-46

Page 12 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11


```

*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               May 1, 2017                               *
*   Storage Tanker (Ballast Load)                                           *
*                                                                           *

```


+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL +++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 315.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
Frequency	Period	Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	49	-94	74	85	8750	-2	1489	-94	1025924	-3	8531	-95
0.2000	31.42	190	-108	292	71	7832	-11	5771	-109	921582	-16	33634	-114
0.3000	20.94	394	-131	610	46	6582	-27	11805	-134	786484	-40	71356	-146
0.4000	15.71	573	-163	866	10	4825	-51	16467	-171	606734	-76	107234	167

0.5000	12.57	577	154	785	-33	2586	-83	14897	141	384845	-127	114819	106
0.6000	10.47	285	104	274	-82	454	-98	5638	83	173130	155	79983	26
0.7000	8.98	179	-142	273	29	849	-13	4946	-143	82843	22	36977	-94
0.8000	7.85	394	152	348	-12	660	-51	7498	149	59768	-100	25187	126
0.9000	6.98	122	86	227	-18	368	-21	1510	103	13272	88	9692	69
1.0000	6.28	194	160	167	14	354	-34	4279	-179	11510	-90	12717	-31
1.1000	5.71	66	95	282	-12	333	-35	2842	126	17337	-40	20651	140
1.2000	5.24	89	138	138	20	85	-15	2172	170	13879	139	13053	-43
1.3000	4.83	45	174	168	0	158	-57	1561	142	14902	-101	5180	65
1.4000	4.49	28	-178	151	-19	130	-18	1841	119	7231	6	13833	94
1.5000	4.19	31	180	178	3	100	-23	1334	147	843	127	7416	-170
1.6000	3.93	33	-172	148	0	63	-24	1590	160	2508	73	5092	-152
1.7000	3.70	32	-167	78	17	55	-100	433	165	9762	-155	7263	-51
1.8000	3.49	29	-166	54	0	61	-68	629	133	5953	-104	4340	16
1.9000	3.31	27	-167	120	38	152	89	795	-163	22769	75	9413	-102
2.0000	3.14	25	-168	72	24	26	-33	530	-174	1421	127	4825	-65

*	*** MOSES ***	*
*	----- May 1, 2017	*
*	Storage Tanker (Ballast Load)	*
*		*

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR KAPAL +++

=====

Drift Name = KAPAL Heading = 0.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force (With No Force Factor) / (Wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
-----		/-----/			/-----/		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	1.6	0.0	10.1	-0.0	2503.1	-0.2
0.2000	31.416	-0.4	0.0	-4.5	-0.1	697.7	-0.7
0.3000	20.944	-6.2	0.0	-24.7	-0.1	-1750.0	-1.7
0.4000	15.708	-16.2	0.0	-47.2	-0.3	-4443.5	-3.5
0.5000	12.566	-28.4	0.0	-68.5	-0.4	-6991.7	-5.3
0.6000	10.472	-39.4	0.1	-85.8	-0.4	-9065.0	-5.8
0.7000	8.976	-46.2	0.0	-97.1	-0.4	-10447.1	-4.7
0.8000	7.854	-47.8	0.0	-101.7	-0.3	-11057.0	-3.0
0.9000	6.981	-45.0	0.0	-99.9	-0.2	-10939.8	-2.3
1.0000	6.283	-39.6	0.0	-92.8	-0.4	-10234.4	-4.3
1.1000	5.712	-33.5	0.1	-82.3	-1.2	-9133.0	-15.5
1.2000	5.236	-27.8	-1.1	-70.2	12.8	-7850.1	185.0
1.3000	4.833	-23.7	-0.2	-57.3	2.6	-6486.2	30.6
1.4000	4.488	-21.4	-0.1	-45.1	1.1	-5170.6	14.5
1.5000	4.189	-19.2	-0.1	-34.9	1.1	-4098.4	13.7
1.6000	3.927	-18.0	-0.1	-26.5	0.5	-3223.3	6.4
1.7000	3.696	-15.7	-0.1	-21.0	0.5	-2758.2	6.6
1.8000	3.491	-16.2	-0.0	-15.8	0.3	-2159.0	4.2
1.9000	3.307	-15.1	-0.1	-10.3	0.4	-1334.1	6.0
2.0000	3.142	-15.6	0.0	-10.2	-0.2	-1624.4	-1.4

*	*** MOSES ***	*
*	-----	May 1, 2017 *
*	Storage Tanker (Ballast Load)	*
*		*

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR KAPAL +++

=====

Drift Name = KAPAL Heading = 45.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force (With No Force Factor) / (Wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
-----		/-----/			/-----/		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	1.6	-0.2	10.1	1.6	2502.8	8.5
0.2000	31.416	0.6	-2.7	-4.5	23.6	699.6	251.5
0.3000	20.944	-2.6	-12.3	-24.5	109.0	-1726.7	1286.1
0.4000	15.708	-8.7	-35.2	-46.6	309.8	-4350.4	3780.7
0.5000	12.566	-17.3	-72.0	-67.2	632.9	-6767.3	7781.1
0.6000	10.472	-27.0	-113.2	-83.6	998.0	-8680.5	12193.9
0.7000	8.976	-35.5	-148.9	-94.2	1315.9	-9927.0	15884.2
0.8000	7.854	-41.6	-174.7	-98.6	1547.8	-10463.0	18442.4
0.9000	6.981	-44.5	-189.4	-97.0	1683.8	-10347.4	19826.8
1.0000	6.283	-44.7	-193.7	-90.5	1731.8	-9711.9	20169.1
1.1000	5.712	-42.8	-190.8	-80.6	1717.2	-8721.2	19790.4
1.2000	5.236	-40.1	-183.8	-68.8	1668.6	-7504.7	19079.9
1.3000	4.833	-37.1	-178.0	-56.8	1620.4	-6291.7	18341.9
1.4000	4.488	-35.9	-172.5	-45.5	1551.2	-5156.4	17593.1
1.5000	4.189	-35.4	-171.3	-34.8	1565.7	-4071.9	17593.8

1.6000	3.927	-35.1	-171.2	-26.0	1569.2	-3141.7	17534.0
1.7000	3.696	-34.0	-168.8	-19.8	1545.1	-2513.5	17140.8
1.8000	3.491	-34.4	-166.7	-14.4	1532.0	-1980.8	17109.2
1.9000	3.307	-28.8	-105.9	-10.2	1067.4	-1428.1	10127.9
2.0000	3.142	-33.9	-165.3	-8.3	1522.2	-1349.3	16963.9

Page 15 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11


```

*                               *** MOSES ***                               *
*                               ----- May 1, 2017                               *
*   Storage Tanker (Ballast Load)                                           *
*                               *                                           *

```


+++ MEAN DRIFT FORCES FOR KAPAL +++

=====

Drift Name = KAPAL Heading = 90.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force (With No Force Factor) / (Wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
-----		/-----/			/-----/		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	1.7	-0.3	10.1	2.3	2502.6	29.8
0.2000	31.416	1.7	-3.8	-4.4	33.8	701.8	432.6
0.3000	20.944	1.7	-17.9	-24.4	157.8	-1701.4	2017.0

0.4000	15.708	1.7	-51.0	-46.1	448.7	-4249.2	5718.3
0.5000	12.566	1.7	-102.0	-65.9	899.1	-6524.2	11348.4
0.6000	10.472	1.7	-153.8	-81.5	1362.6	-8266.6	16920.2
0.7000	8.976	1.7	-192.0	-91.8	1710.8	-9366.2	20844.4
0.8000	7.854	1.7	-215.9	-96.1	1930.3	-9798.7	23130.3
0.9000	6.981	1.7	-229.3	-94.6	2053.6	-9614.4	24341.6
1.0000	6.283	1.7	-235.7	-88.0	2113.2	-8927.2	24920.3
1.1000	5.712	1.7	-238.0	-77.8	2136.1	-7885.1	25148.9
1.2000	5.236	1.7	-237.1	-65.6	2133.1	-6629.9	25068.3
1.3000	4.833	1.7	-238.7	-53.1	2143.4	-5355.0	25260.8
1.4000	4.488	1.7	-232.0	-42.0	2072.2	-4261.7	24442.6
1.5000	4.189	1.7	-236.0	-31.3	2117.6	-3120.2	25222.0
1.6000	3.927	1.7	-230.9	-22.8	2080.7	-2260.4	24429.1
1.7000	3.696	1.7	-237.5	-16.3	2126.4	-1584.6	25087.3
1.8000	3.491	1.7	-227.7	-11.5	2054.0	-1148.0	24188.9
1.9000	3.307	1.7	-127.1	-8.6	1298.0	-945.9	12869.9
2.0000	3.142	1.7	-227.7	-5.4	2054.7	-566.4	24095.5

Page 16 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11


```

*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               May 1, 2017   *
*   Storage Tanker (Ballast Load)                               *
*                               *                               *

```


+++ MEAN DRIFT FORCES FOR KAPAL +++

=====

Drift Name = KAPAL Heading = 135.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force (With No Force Factor) / (Wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION				ROTATION	
-----		/-----/				/-----/	
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	1.8	-0.2	10.1	1.6	2502.9	33.5
0.2000	31.416	2.8	-2.7	-4.5	23.6	700.7	351.7
0.3000	20.944	6.0	-12.3	-24.5	109.0	-1721.4	1500.1
0.4000	15.708	12.1	-35.2	-46.6	309.8	-4333.0	4123.1
0.5000	12.566	20.8	-72.0	-67.2	632.9	-6723.7	8248.9
0.6000	10.472	30.4	-113.2	-83.6	998.0	-8594.1	12784.9
0.7000	8.976	39.0	-148.9	-94.2	1315.9	-9785.4	16594.5
0.8000	7.854	45.0	-174.7	-98.6	1547.8	-10261.0	19256.4
0.9000	6.981	48.0	-189.4	-97.0	1683.8	-10087.8	20723.7
1.0000	6.283	48.1	-193.7	-90.5	1731.8	-9404.1	21135.9
1.1000	5.712	46.3	-190.8	-80.6	1717.2	-8377.9	20828.3
1.2000	5.236	43.5	-183.8	-68.8	1668.6	-7136.9	20205.1
1.3000	4.833	40.6	-178.0	-56.8	1620.4	-5908.1	19570.5
1.4000	4.488	39.3	-172.5	-45.5	1551.2	-4762.4	18913.6
1.5000	4.189	38.9	-171.3	-34.8	1565.7	-3657.4	19002.8
1.6000	3.927	38.5	-171.2	-26.0	1569.2	-2712.5	19010.4
1.7000	3.696	37.5	-168.8	-19.8	1545.1	-2080.1	18665.6
1.8000	3.491	37.9	-166.7	-14.4	1532.0	-1530.2	18658.1
1.9000	3.307	32.2	-105.9	-10.2	1067.4	-1031.7	11655.5
2.0000	3.142	37.4	-165.3	-8.3	1522.2	-882.7	18525.2

Output MOSES kondisi kapal Full Load

Page 1 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11


```
*          *** MOSES ***          *
*          -----          May 1, 2017          *
*      Storage Tanker (Full Load)          *
*                                     *
```


+++ HYDROSTATIC PROPERTIES +++

=====

For Body KAPAL

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

```
/--- Condition ---/- Displac-/ -- Center Of Buoyancy --/ / W.P. / /C. Flotation / /--- Metacentric Heights ----/
Draft Trim Roll M-Tons ---X--- ---Y--- ---Z--- Area ---X--- ---Y--- -KMT- -KML- -BMT- -BML-

0.00 0.00 0.00 -0.00 0.00 0.00 0.00 6428.925 -114.29 0.00 99999.99 99999.99 99999.99 99999.99
0.50 0.00 0.00 3617.59 -113.65 0.00 0.26 7526.937 -113.64 0.00 251.11 6584.89 250.86 6584.63
1.00 0.00 0.00 7573.48 -113.64 -0.00 0.52 7907.137 -113.65 -0.00 133.09 3460.08 132.58 3459.57
1.50 0.00 0.00 11689.04 -113.65 -0.00 0.77 8152.761 -113.70 -0.00 91.99 2385.45 91.21 2384.68
2.00 0.00 0.00 15908.86 -113.68 0.00 1.03 8314.879 -113.79 0.00 70.41 1832.77 69.37 1831.73
2.50 0.00 0.00 20198.07 -113.71 0.00 1.29 8429.435 -113.85 -0.00 57.14 1493.06 55.85 1491.77
3.00 0.00 0.00 24541.29 -113.74 -0.00 1.55 8521.460 -113.97 -0.00 48.31 1262.72 46.76 1261.17
3.50 0.00 0.00 28928.18 -113.79 -0.00 1.81 8600.366 -114.11 -0.00 42.06 1096.18 40.25 1094.38
4.00 0.00 0.00 33351.89 -113.84 -0.00 2.07 8666.543 -114.25 0.00 37.42 968.73 35.35 966.67
4.50 0.00 0.00 37807.51 -113.90 -0.00 2.32 8725.481 -114.43 -0.00 33.86 868.72 31.54 866.40
5.00 0.00 0.00 42292.73 -113.97 -0.00 2.58 8779.916 -114.68 -0.00 31.07 788.60 28.49 786.02
5.50 0.00 0.00 46804.68 -114.05 -0.00 2.84 8831.421 -114.97 -0.00 28.83 723.26 25.99 720.42
6.00 0.00 0.00 51342.62 -114.15 -0.00 3.10 8883.304 -115.34 -0.00 27.00 669.66 23.90 666.57
6.50 0.00 0.00 55907.90 -114.26 -0.00 3.35 8937.205 -115.78 -0.00 25.49 625.39 22.14 622.04
```


7.00	0.00	0.00	60492.60	-114.38	-0.00	3.61	8975.563	-116.03	-0.00	24.24	583.85	20.63	580.24
7.50	0.00	0.00	65107.30	-114.51	0.00	3.87	9034.516	-116.58	0.00	23.20	552.86	19.33	548.99
8.00	0.00	0.00	69748.92	-114.67	-0.00	4.13	9091.906	-117.10	-0.00	22.32	525.70	18.19	521.58
8.50	0.00	0.00	74422.28	-114.84	-0.00	4.39	9155.650	-117.71	0.00	21.58	503.03	17.19	498.64
9.00	0.00	0.00	79129.83	-115.03	-0.00	4.65	9220.143	-118.31	-0.00	20.94	483.31	16.30	478.66
9.50	0.00	0.00	83872.09	-115.23	-0.00	4.91	9291.599	-118.97	-0.00	20.41	466.97	15.50	462.06
10.00	0.00	0.00	88652.45	-115.45	-0.00	5.17	9368.374	-119.69	-0.00	19.95	453.25	14.79	448.09
10.50	0.00	0.00	93473.30	-115.69	-0.00	5.43	9447.408	-120.42	-0.00	19.57	441.27	14.14	435.84
11.00	0.00	0.00	98334.16	-115.94	-0.00	5.69	9528.104	-121.17	-0.00	19.25	430.69	13.56	425.00
11.50	0.00	0.00	103236.50	-116.21	-0.00	5.96	9608.162	-121.89	-0.00	18.99	421.01	13.03	415.05
12.00	0.00	0.00	108179.27	-116.48	-0.00	6.22	9685.504	-122.56	-0.00	18.76	411.75	12.54	405.53
12.50	0.00	0.00	113160.51	-116.76	-0.00	6.49	9757.214	-123.15	-0.00	18.58	402.42	12.10	395.93
13.00	0.00	0.00	118149.34	-117.07	-0.00	6.75	9741.226	-124.58	-0.00	18.42	382.94	11.67	376.19
13.50	0.00	0.00	123156.02	-117.38	-0.00	7.01	9801.248	-124.92	-0.00	18.30	374.10	11.29	367.09
14.00	0.00	0.00	128192.41	-117.68	-0.00	7.28	9857.019	-125.23	-0.00	18.21	365.42	10.93	358.14
14.50	0.00	0.00	133256.77	-117.98	-0.00	7.54	9910.763	-125.49	-0.00	18.14	357.16	10.60	349.61
15.00	0.00	0.00	138347.48	-118.26	-0.00	7.81	9963.327	-125.73	0.00	18.10	349.38	10.29	341.57
15.50	0.00	0.00	143466.08	-118.53	-0.00	8.08	10015.130	-125.93	0.00	18.07	342.08	9.99	334.00
16.00	0.00	0.00	148609.47	-118.78	-0.00	8.34	10060.234	-126.02	-0.00	18.05	334.74	9.71	326.40
16.50	0.00	0.00	153776.17	-119.03	-0.00	8.61	10106.039	-126.09	0.00	18.06	327.94	9.45	319.33
17.00	0.00	0.00	158965.11	-119.26	-0.00	8.87	10151.711	-126.15	0.00	18.07	321.57	9.20	312.70
17.50	0.00	0.00	164176.95	-119.48	-0.00	9.14	10197.506	-126.20	-0.00	18.11	315.62	8.97	306.48
18.00	0.00	0.00	169414.52	-119.69	-0.00	9.40	10243.478	-126.23	-0.00	18.16	310.04	8.75	300.64
18.50	0.00	0.00	174674.27	-119.89	-0.00	9.67	10288.719	-126.23	-0.00	18.22	304.76	8.55	295.09
19.00	0.00	0.00	179957.02	-120.07	-0.00	9.94	10332.928	-126.18	-0.00	18.29	299.73	8.35	289.80
19.50	0.00	0.00	185261.48	-120.25	-0.00	10.20	10376.849	-126.12	-0.00	18.37	294.97	8.16	284.77

*	*** MOSES ***	*
*	----- May 1, 2017	*
*	Storage Tanker (Full Load)	*
*		*

+++ HYDROSTATIC COEFFICIENTS +++

=====

For Body KAPAL

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

			Wetted	Load To Change /--- For KG = KB ----/				
/--- Condition ---/			Displacement	Surface	Draft 1 MM	Moment To Change .01 Deg		
Draft	Trim	Roll	-----	-----	-----	--- Heel ---	--- Trim ---	
0.00	0.00	0.00	-0.00	6428.9	6.59	-140.72	-3761.24	
0.50	0.00	0.00	3617.59	7571.4	7.71	158.39	4157.46	
1.00	0.00	0.00	7573.48	8052.4	8.10	175.25	4572.93	
1.50	0.00	0.00	11689.04	8440.0	8.35	186.09	4865.04	
2.00	0.00	0.00	15908.86	8788.3	8.52	192.63	5086.03	
2.50	0.00	0.00	20198.07	9119.0	8.64	196.89	5258.83	
3.00	0.00	0.00	24541.29	9440.3	8.73	200.27	5401.91	
3.50	0.00	0.00	28928.18	9760.5	8.81	203.22	5525.42	
4.00	0.00	0.00	33351.89	10079.4	8.88	205.79	5626.98	
4.50	0.00	0.00	37807.51	10396.9	8.94	208.13	5717.08	
5.00	0.00	0.00	42292.73	10713.9	9.00	210.29	5802.00	
5.50	0.00	0.00	46804.68	11030.1	9.05	212.30	5885.09	
6.00	0.00	0.00	51342.62	11346.8	9.10	214.21	5973.10	
6.50	0.00	0.00	55907.90	11665.7	9.16	216.03	6069.74	
7.00	0.00	0.00	60492.60	11994.2	9.20	217.83	6126.10	
7.50	0.00	0.00	65107.30	12313.3	9.26	219.67	6238.37	
8.00	0.00	0.00	69748.92	12625.1	9.32	221.45	6349.40	
8.50	0.00	0.00	74422.28	12946.2	9.38	223.31	6476.93	
9.00	0.00	0.00	79129.83	13266.2	9.45	225.07	6610.71	
9.50	0.00	0.00	83872.09	13593.6	9.52	226.91	6763.91	
10.00	0.00	0.00	88652.45	13926.8	9.60	228.81	6933.15	
10.50	0.00	0.00	93473.30	14263.5	9.68	230.75	7110.39	
11.00	0.00	0.00	98334.16	14603.2	9.76	232.76	7294.06	

11.50	0.00	0.00	103236.50	14944.3	9.85	234.78	7478.47
12.00	0.00	0.00	108179.27	15285.0	9.93	236.84	7656.80
12.50	0.00	0.00	113160.51	15622.9	10.00	238.91	7819.78
13.00	0.00	0.00	118149.34	16029.2	9.98	240.69	7757.31
13.50	0.00	0.00	123156.02	16339.6	10.04	242.62	7890.44
14.00	0.00	0.00	128192.41	16648.0	10.10	244.55	8012.95
14.50	0.00	0.00	133256.77	16956.1	10.16	246.46	8131.16
15.00	0.00	0.00	138347.48	17264.6	10.21	248.36	8247.54
15.50	0.00	0.00	143466.08	17575.4	10.26	250.27	8363.22
16.00	0.00	0.00	148609.47	17879.0	10.31	251.91	8465.81
16.50	0.00	0.00	153776.17	18183.6	10.36	253.60	8570.61
17.00	0.00	0.00	158965.11	18486.9	10.40	255.30	8675.83
17.50	0.00	0.00	164176.95	18789.2	10.45	257.04	8782.05
18.00	0.00	0.00	169414.52	19090.5	10.50	258.80	8889.38
18.50	0.00	0.00	174674.27	19390.4	10.54	260.54	8996.28
19.00	0.00	0.00	179957.02	19688.9	10.59	262.24	9102.03
19.50	0.00	0.00	185261.48	19986.2	10.63	263.95	9207.72

```

*****
*****
*
*          *** MOSES ***
*
*          ----- May 1, 2017
*
*      Storage Tanker (Full Load)
*
*
*
*****
*****

```

+++ ADDED INERTIA COEFFICIENTS FOR KAPAL +++

=====

Results are in Body System

Pressure Name = KAPAL

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Encounter Values Normalized By Mass with Weight = 143466.0

Period	/--- Added Mass Coefficients -----/			/----- Added Radii of Gyration ----/		
Sec.	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--
62.83	0.0315	0.9317	3.2262	15.925	253.307	128.125
31.42	0.0315	1.0243	1.9722	16.599	198.314	133.899
20.94	0.0315	1.1643	1.3916	17.509	166.377	142.112
15.71	0.0315	1.1855	1.1074	17.477	147.554	143.373
12.57	0.0315	0.9080	0.9887	15.370	137.911	127.239
10.47	0.0315	0.5520	0.9699	12.483	134.767	102.476
8.98	0.0315	0.3184	1.0061	10.350	135.589	81.623
7.85	0.0315	0.1961	1.0642	9.171	138.217	67.567
6.98	0.0315	0.1383	1.1211	8.654	141.090	59.268
6.28	0.0315	0.1152	1.1848	8.509	144.888	55.154
5.71	0.0315	0.1105	1.2196	8.547	146.843	53.793
5.24	0.0315	0.1075	1.2593	8.538	148.887	52.972
4.83	0.0315	0.1093	1.2742	8.386	148.835	47.617
4.49	0.0315	0.1402	1.3005	8.981	151.353	57.243
4.19	0.0315	0.1560	1.3226	9.165	152.942	59.021
3.93	0.0315	0.1694	1.3323	9.298	153.542	60.662
3.70	0.0315	0.2082	1.3434	9.648	154.263	65.428
3.49	0.0315	0.1972	1.3546	9.572	155.166	64.355
3.31	0.0315	0.2092	1.3618	9.671	155.463	66.190
3.14	0.0315	0.2152	1.3688	9.720	156.245	66.204

* *** MOSES *** *

* ----- May 1, 2017 *

* Storage Tanker (Full Load) *

* *

+++LINEAR RADIATION DAMPING COEFFICIENTS FOR KAPAL+++

=====

Results are in Body System

Pressure Name = KAPAL

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Encounter Values Normalized By Mass with Weight = 143466.0

Period	/-----	Damping / Mass -----/			/---	Damping Radii of Gyration ----/	
Sec.	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--	
62.83	0.0000	0.0002	0.2558	0.246	71.366	1.934	
31.42	0.0000	0.0074	0.4081	1.394	90.704	11.066	
20.94	0.0000	0.0574	0.4681	3.804	98.121	30.631	
15.71	0.0000	0.2129	0.4605	7.149	98.831	58.690	
12.57	0.0000	0.4168	0.4080	9.771	95.175	82.173	
10.47	0.0000	0.5176	0.3330	10.674	88.816	92.106	
8.98	0.0000	0.5203	0.2563	10.527	81.267	93.063	
7.85	0.0000	0.4820	0.1909	10.002	73.752	90.263	
6.98	0.0000	0.4316	0.1411	9.382	66.908	86.039	
6.28	0.0000	0.3801	0.1113	8.769	62.901	81.292	
5.71	0.0000	0.3312	0.0840	8.191	56.543	76.383	
5.24	0.0000	0.2755	0.0699	7.524	53.333	70.247	
4.83	0.0000	0.2591	0.0494	7.430	45.303	70.291	
4.49	0.0000	0.2149	0.0476	6.762	45.763	62.639	
4.19	0.0000	0.1858	0.0479	6.378	46.849	58.364	
3.93	0.0000	0.1593	0.0401	6.023	43.544	54.903	
3.70	0.0000	0.1539	0.0342	5.927	39.724	54.179	
3.49	0.0000	0.1248	0.0326	5.541	39.864	49.874	
3.31	0.0000	0.0980	0.0295	4.854	36.760	40.894	
3.14	0.0000	0.0903	0.0326	4.849	37.859	42.334	

* *** MOSES *** *

* ----- May 1, 2017 *

* Storage Tanker (Full Load) *

* *

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL +++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 0.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw	
Moment /													
		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	145	-96	0	0	9622	-4	1	175	1215182	-6	6	173
0.2000	31.42	549	-116	0	0	8327	-21	4	158	1065212	-30	25	150
0.3000	20.94	1032	-150	0	0	6179	-52	9	121	838468	-73	58	102
0.4000	15.71	1140	162	1	-118	3005	-100	10	60	525820	-142	87	22
0.5000	12.57	438	104	0	0	245	66	1	-53	242180	102	77	-98
0.6000	10.47	577	-158	1	-107	1234	-55	10	76	178897	-64	74	96
0.7000	8.98	527	123	0	0	252	107	7	-32	131521	120	63	-63
0.8000	7.85	307	180	0	0	692	-64	4	16	104271	-83	38	69
0.9000	6.98	151	122	1	64	274	13	12	-135	59758	48	70	-140
1.0000	6.28	141	141	3	125	172	-122	61	-58	29278	173	667	-56
1.1000	5.71	85	155	2	55	112	-96	37	-118	8175	-143	140	-93
1.2000	5.24	68	168	1	158	39	-65	10	-20	1380	142	120	-28

1.3000	4.83	61 -178	1 -12	48 155	13 -119	23203 128	241 160
1.4000	4.49	53 -166	0 0	55 139	3 130	14610 106	60 128
1.5000	4.19	49 -157	3 -174	64 154	64 5	12514 141	642 4
1.6000	3.93	45 -158	1 -169	64 -44	17 9	11551 -14	194 8
1.7000	3.70	37 -161	0 0	14 -129	4 -95	3279 -2	59 -87
1.8000	3.49	30 -166	1 -158	56 38	12 19	10281 38	109 14
1.9000	3.31	22 -168	0 0	44 -8	3 -81	11617 4	87 -119
2.0000	3.14	17 177	1 -106	79 76	24 78	13999 83	249 66

Page 6 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

*	*** MOSES ***	*
*	----- May 1, 2017	*
*	Storage Tanker (Full Load)	*
*		*

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL+++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 45.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw	
Moment /													
-----	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.
Frequency	Period	/-----/	/-----/	/-----/	/-----/	/-----/	/-----/	/-----/	/-----/	/-----/	/-----/	/-----/	/-----/
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	103 -94	197 -94	9631 -2	3226 85	1215919 -4	23081 84						
0.2000	31.42	395 -108	788 -109	8474 -12	12735 69	1077697 -19	92417 64						
0.3000	20.94	797 -132	1676 -137	6840 -31	26560 40	894873 -46	200382 29						
0.4000	15.71	1104 -166	2343 -179	4558 -61	35974 -2	655733 -89	299701 -22						

0.5000	12.57	1007	150	1896	127	1842	-103	27262	-59	384679	-153	298966	-91
0.6000	10.47	359	102	463	60	405	44	4711	-161	185082	101	192442	179
0.7000	8.98	440	-150	715	-159	1037	-27	14907	14	138529	-34	105592	52
0.8000	7.85	590	144	661	136	202	-107	10791	-62	94979	-171	83954	-82
0.9000	6.98	86	142	156	-163	507	8	4799	52	63236	22	39389	136
1.0000	6.28	291	148	343	172	185	-52	7201	-28	31609	-138	21502	-43
1.1000	5.71	87	153	196	-176	203	-20	2969	23	13089	-18	2454	-149
1.2000	5.24	89	140	197	-157	132	2	3328	-7	6391	48	1565	124
1.3000	4.83	62	156	349	-139	164	73	5822	37	36479	102	39674	59
1.4000	4.49	54	174	172	-169	76	-35	2700	-6	12523	-99	7109	-63
1.5000	4.19	45	-164	176	-150	117	15	2723	21	14315	12	4069	11
1.6000	3.93	34	-156	140	-171	98	38	1962	2	13224	44	10227	-46
1.7000	3.70	28	-156	124	-138	40	61	1744	27	4627	138	5890	35
1.8000	3.49	24	-156	75	-140	67	42	1286	29	8563	44	3890	-55
1.9000	3.31	19	-157	178	-129	78	114	2502	51	13443	146	16077	40
2.0000	3.14	15	-160	76	-133	42	56	1155	42	1723	67	2668	-65

*	*** MOSES ***	*
*	----- May 1, 2017	*
*	Storage Tanker (Full Load)	*
*		*

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL+++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 90.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER Surge Force / Sway Force / Heave Force / Roll Moment / Pitch Moment / Yaw
 Moment /

Page 8 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

*** MOSES ***

----- May 1, 2017

Storage Tanker (Full Load)

+++PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL+++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 135.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw	
Moment /													
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	103	95	197	-84	9631	7	3226	95	1216277	9	23081	96
0.2000	31.42	395	109	787	-71	8477	29	12730	109	1081728	35	92340	114
0.3000	20.94	797	133	1671	-51	6842	62	26420	130	907106	77	198478	142
0.4000	15.71	1104	167	2305	-26	4531	108	34891	157	674625	136	284855	178
0.5000	12.57	1007	-149	1792	2	1787	171	24212	-170	404034	-142	254127	-130
0.6000	10.47	359	-101	452	20	549	15	2995	163	214193	-18	127298	-49
0.7000	8.98	440	151	608	-39	1061	127	13306	145	184517	132	52869	108
0.8000	7.85	590	-143	363	18	501	-81	5894	-130	150448	-72	50323	-93
0.9000	6.98	86	-141	237	-23	584	108	6750	138	118278	108	23869	116
1.0000	6.28	291	-147	77	105	341	-62	4054	-89	90718	-55	35723	-36
1.1000	5.71	87	-152	178	0	278	163	4648	176	65890	174	32946	-165
1.2000	5.24	89	-139	202	-101	206	58	2623	53	52614	59	36298	60
1.3000	4.83	62	-155	162	-27	54	-88	2326	173	9194	-76	16532	141
1.4000	4.49	54	-173	99	30	99	-110	2024	-141	25248	-109	17588	-106
1.5000	4.19	45	165	63	3	91	-156	1076	-173	25591	-154	11919	-139
1.6000	3.93	34	157	126	-13	103	-170	1726	170	27071	-168	16123	176
1.7000	3.70	28	157	44	-25	66	161	646	169	18222	169	5682	142
1.8000	3.49	24	157	23	-21	63	-161	516	180	17674	-159	3872	-135
1.9000	3.31	19	158	144	19	46	174	2179	-152	10424	-175	22777	-150
2.0000	3.14	15	161	29	66	34	-68	658	-98	9922	-60	5432	-85

* *** MOSES *** *

* ----- May 1, 2017 *

* Storage Tanker (Full Load) *

* *

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL+++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 180.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw	
Moment /													
		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/ /-----/		/-----/ /-----/		/-----/ /-----/		/-----/ /-----/		/-----/ /-----/			
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	145	97	0	0	9623	10	1	-170	1215678	12	6	-168
0.2000	31.42	549	117	0	0	8331	37	4	-147	1070310	46	25	-140
0.3000	20.94	1032	151	0	0	6164	81	8	-117	850115	102	57	-100
0.4000	15.71	1140	-161	1	87	2918	141	9	-86	530938	-176	80	-50
0.5000	12.57	438	-103	0	0	330	0	1	-135	233450	-47	56	35
0.6000	10.47	577	159	1	21	1178	120	11	-155	187598	132	57	175
0.7000	8.98	527	-122	0	0	414	-22	7	-94	138837	-41	46	-60
0.8000	7.85	307	-179	0	0	550	144	5	-145	106988	170	29	149
0.9000	6.98	151	-121	1	107	380	71	9	-76	61590	60	50	-55
1.0000	6.28	141	-140	3	80	81	60	56	-104	28569	-18	643	-96
1.1000	5.71	85	-154	2	-113	3	-116	34	67	22286	-50	97	108
1.2000	5.24	68	-167	0	0	26	-66	5	-160	16413	-48	36	-159

1.3000	4.83	61	179	1	-23	90	68	20	-152	13149	53	346	159
1.4000	4.49	53	167	0	0	10	-179	5	-121	6332	-15	77	-141
1.5000	4.19	49	158	4	177	46	101	85	-1	12915	85	830	-2
1.6000	3.93	45	159	1	87	58	157	12	-91	14317	-173	150	-86
1.7000	3.70	37	162	0	0	23	-36	6	61	9095	-44	70	62
1.8000	3.49	30	167	1	21	21	75	6	-176	5350	118	39	-106
1.9000	3.31	22	169	1	-19	36	-54	16	175	12675	-67	222	160
2.0000	3.14	17	-176	1	-76	52	-146	29	115	10700	-170	331	101

Page 10 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11


```

*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               May 1, 2017 *
*   Storage Tanker (Full Load)                                           *
*                               *                                           *

```


+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL +++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 225.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
Frequency	Period	Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	103	95	197	95	9631	7	3226	-84	1216295	9	23081	-83
0.2000	31.42	395	109	787	108	8478	29	12730	-70	1081786	35	92345	-65
0.3000	20.94	797	133	1671	128	6843	62	26422	-49	907194	77	198490	-37
0.4000	15.71	1104	167	2305	153	4532	108	34892	-22	674686	136	284862	-1

0.5000	12.57	1007 -149	1792 -177	1787 171	24211 9	404043 -142	254118 49
0.6000	10.47	359 -101	452 -159	550 15	2992 -16	214218 -18	127296 130
0.7000	8.98	440 151	608 140	1061 127	13300 -34	184520 132	52824 -71
0.8000	7.85	590 -143	363 -161	501 -81	5889 49	150418 -72	50277 86
0.9000	6.98	86 -141	236 156	584 108	6738 -41	118238 108	23845 -63
1.0000	6.28	291 -147	71 -72	340 -62	3928 91	90649 -55	35084 145
1.1000	5.71	87 -152	186 -178	278 163	4759 -2	65825 174	33197 14
1.2000	5.24	89 -139	202 78	205 58	2627 -126	52548 59	36276 -118
1.3000	4.83	62 -155	161 151	198 -53	2322 -7	40548 -49	16195 -39
1.4000	4.49	54 -173	99 -149	98 -111	2023 39	24906 -110	17672 73
1.5000	4.19	45 165	63 -167	89 -159	1089 18	25207 -155	13166 48
1.6000	3.93	34 157	125 165	103 -170	1705 -10	27141 -168	15868 -4
1.7000	3.70	28 157	43 154	66 160	631 -10	18186 169	5565 -39
1.8000	3.49	24 157	23 154	65 -160	511 -1	18032 -158	3755 45
1.9000	3.31	19 158	144 -160	25 170	2176 27	5882 -171	22403 29
2.0000	3.14	15 161	30 -116	31 -65	671 80	9376 -56	5547 91

*	*** MOSES ***	*
*	-----	May 1, 2017 *
*	Storage Tanker (Full Load)	*
*		*

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR KAPAL+++

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 270.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER Surge Force / Sway Force / Heave Force / Roll Moment / Pitch Moment / Yaw
Moment /

-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0	0	279	90	9640	2	4567	-89	1216787	2	32665	-89
0.2000	31.42	0	0	1132	89	8624	8	18311	-90	1091875	8	132135	-90
0.3000	20.94	0	0	2566	85	7552	16	40805	-94	960990	16	298539	-94
0.4000	15.71	0	0	4277	77	6493	26	66528	-102	832447	26	495318	-101
0.5000	12.57	0	0	5381	69	5461	37	81789	-109	707983	37	621071	-109
0.6000	10.47	0	0	5526	68	4483	49	82219	-110	590122	49	638035	-110
0.7000	8.98	0	0	5170	74	3596	63	75517	-104	482676	63	600060	-103
0.8000	7.85	0	0	4666	86	2828	80	67164	-92	388771	79	546404	-90
0.9000	6.98	0	0	4142	103	2179	98	59018	-76	307963	97	490509	-74
1.0000	6.28	0	0	3633	123	1735	118	51441	-56	254017	116	435488	-53
1.1000	5.71	0	0	3160	146	1263	139	44679	-33	194808	137	384277	-30
1.2000	5.24	0	0	2620	170	991	161	36479	-10	152901	159	323856	-6
1.3000	4.83	0	0	2290	-161	711	-163	32762	14	108668	-163	286316	17
1.4000	4.49	0	0	1961	-123	537	-149	28113	53	88448	-150	252975	57
1.5000	4.19	0	0	1699	-87	524	-111	24437	88	82953	-116	218483	92
1.6000	3.93	0	0	1472	-48	300	-96	21059	126	50003	-98	187919	130
1.7000	3.70	0	0	1511	15	261	-50	20634	-170	45605	-52	187936	-167
1.8000	3.49	0	0	1217	40	142	-37	17090	-144	26506	-33	149077	-141
1.9000	3.31	0	0	1106	89	444	105	15182	-94	64588	99	137336	-89
2.0000	3.14	0	0	925	132	155	89	13270	-50	27932	91	112533	-46

```

*****
*****

*                               *** MOSES ***                               *

*                               -----                               May 1, 2017                               *

*                               Storage Tanker (Full Load)                               *

*                               *                               *

*****
*****

```

=====

Pressure Name = KAPAL Heading = 315.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw	
Moment /													
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	103	-94	197	85	9631	-2	3226	-94	1215937	-4	23081	-95
0.2000	31.42	395	-108	788	70	8474	-12	12736	-110	1077757	-19	92423	-115
0.3000	20.94	797	-132	1676	42	6841	-31	26563	-139	894973	-46	200399	-150
0.4000	15.71	1104	-166	2343	0	4559	-61	35979	177	655838	-89	299718	157
0.5000	12.57	1007	150	1896	-52	1843	-103	27265	120	384752	-153	298955	88
0.6000	10.47	359	102	463	-119	405	44	4711	18	185160	101	192405	0
0.7000	8.98	440	-150	715	20	1038	-27	14905	-166	138603	-34	105554	-127
0.8000	7.85	590	144	660	-43	202	-107	10786	117	95009	-171	83895	97
0.9000	6.98	86	142	156	17	507	8	4804	-127	63230	22	39316	-43
1.0000	6.28	291	148	338	-6	185	-52	7083	151	31603	-138	20001	137
1.1000	5.71	87	153	198	5	204	-20	3026	-154	13159	-18	2608	27
1.2000	5.24	89	140	197	22	132	3	3347	172	6526	49	1413	-62
1.3000	4.83	62	156	349	40	46	145	5847	-142	28054	163	39565	-120
1.4000	4.49	54	174	173	10	80	-35	2699	173	12652	-97	7100	117
1.5000	4.19	45	-164	183	31	118	16	2847	-156	14560	13	5312	-153
1.6000	3.93	34	-156	139	7	98	38	1933	-178	13310	44	10210	130
1.7000	3.70	28	-156	123	40	42	61	1739	-153	4707	136	5814	-146
1.8000	3.49	24	-156	75	39	67	44	1283	-150	8510	46	3860	122
1.9000	3.31	19	-157	177	50	82	127	2480	-128	16264	158	15561	-138
2.0000	3.14	15	-160	75	46	45	56	1134	-137	2227	63	2569	107


```

*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               May 1, 2017                               *
*                               Storage Tanker (Full Load)                               *
*                               *                               *

```


+++ MEAN DRIFT FORCES FOR KAPAL +++

=====

Drift Name = KAPAL Heading = 0.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force (With No Force Factor) / (Wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
-----		/-----/			/-----/		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	2.3	0.0	6.4	-0.0	1740.3	-0.2
0.2000	31.416	0.4	0.0	-8.4	-0.1	-233.9	-0.8
0.3000	20.944	-4.8	0.0	-26.7	-0.3	-2677.8	-2.0
0.4000	15.708	-11.6	0.0	-43.4	-0.5	-4957.4	-3.6
0.5000	12.566	-16.9	0.0	-54.4	-0.5	-6587.2	-3.4
0.6000	10.472	-19.0	0.0	-58.1	-0.1	-7348.6	-1.1
0.7000	8.976	-18.4	-0.0	-55.3	0.2	-7296.3	1.2
0.8000	7.854	-16.9	-0.0	-48.0	0.4	-6667.5	2.7
0.9000	6.981	-15.7	-0.0	-38.9	0.7	-5753.9	4.2
1.0000	6.283	-15.4	-0.1	-29.9	2.4	-4765.9	23.3
1.1000	5.712	-14.5	-0.0	-22.9	0.7	-3999.0	1.4

1.2000	5.236	-15.0	-0.0	-17.1	0.5	-3266.7	4.4
1.3000	4.833	-13.8	-0.1	-11.4	3.8	-2257.1	35.4
1.4000	4.488	-14.1	-0.0	-11.7	0.4	-2492.9	3.1
1.5000	4.189	-15.3	-0.1	-9.1	2.2	-1919.0	22.6
1.6000	3.927	-15.4	-0.0	-8.3	-0.0	-1654.4	-0.6
1.7000	3.696	-13.2	-0.0	-9.1	-0.0	-1814.3	-0.1
1.8000	3.491	-14.8	0.0	-8.1	-0.0	-1453.7	2.4
1.9000	3.307	-12.8	-0.0	-7.6	0.9	-1308.2	6.4
2.0000	3.142	-15.5	0.0	-11.7	-0.2	-1279.0	-1.9

Page 14 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

*	*** MOSES ***	*
*	----- May 1, 2017	*
*	Storage Tanker (Full Load)	*
*		*

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR KAPAL +++

=====

Drift Name = KAPAL Heading = 45.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force (With No Force Factor) / (Wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
-----	/-----	/-----	/-----	/-----	/-----	/-----	
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch Yaw	

0.1000	62.832	2.4	-0.3	6.4	4.4	1740.3	6.4
0.2000	31.416	1.4	-4.2	-8.3	67.2	-228.1	399.0
0.3000	20.944	-1.9	-21.7	-26.3	347.2	-2631.2	2373.2
0.4000	15.708	-8.4	-66.9	-42.0	1067.5	-4801.1	7583.3
0.5000	12.566	-17.5	-127.3	-51.3	2039.9	-6281.8	14570.9
0.6000	10.472	-26.1	-167.8	-53.8	2715.1	-6936.4	19329.7
0.7000	8.976	-31.9	-185.0	-50.4	3020.2	-6854.0	21467.4
0.8000	7.854	-35.0	-188.7	-43.2	3105.8	-6254.6	22076.8
0.9000	6.981	-36.2	-186.6	-34.5	3091.9	-5407.4	21991.3
1.0000	6.283	-36.5	-179.2	-26.2	2989.9	-4541.6	21237.8
1.1000	5.712	-35.4	-173.6	-19.7	2898.5	-3796.9	20854.2
1.2000	5.236	-35.4	-178.2	-13.9	2989.8	-3167.5	21254.7
1.3000	4.833	-34.4	-168.7	-8.8	2842.8	-2289.4	20278.5
1.4000	4.488	-34.0	-169.7	-8.1	2865.3	-2479.5	20154.9
1.5000	4.189	-33.9	-167.5	-7.0	2830.5	-2166.3	19963.1
1.6000	3.927	-33.8	-167.0	-6.3	2825.1	-1911.1	20027.5
1.7000	3.696	-32.7	-171.1	-6.0	2880.2	-1913.8	20264.0
1.8000	3.491	-33.0	-167.6	-4.0	2849.2	-1459.5	20070.8
1.9000	3.307	-30.4	-165.2	-4.7	2787.1	-1508.7	19472.9
2.0000	3.142	-31.6	-165.7	-5.9	2805.3	-1436.0	19754.7

Page 15 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

*	*** MOSES ***	*
*	----- May 1, 2017	*
*	Storage Tanker (Full Load)	*
*		*

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR KAPAL +++

=====

Drift Name = KAPAL Heading = 90.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force (With No Force Factor) / (Wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
-----		/-----/			/-----/		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	2.5	-0.4	6.4	6.2	1740.2	46.6
0.2000	31.416	2.5	-6.0	-8.3	97.4	-221.4	726.1
0.3000	20.944	2.5	-31.9	-26.0	511.1	-2574.7	3796.2
0.4000	15.708	2.5	-97.9	-40.5	1562.8	-4592.5	11543.1
0.5000	12.566	2.5	-180.0	-48.4	2890.6	-5832.0	21174.0
0.6000	10.472	2.5	-226.9	-49.8	3685.4	-6278.2	26826.5
0.7000	8.976	2.5	-242.1	-46.3	3970.5	-6078.9	28889.5
0.8000	7.854	2.5	-244.7	-39.2	4037.5	-5425.1	29470.4
0.9000	6.981	2.5	-244.4	-30.7	4046.2	-4546.9	29661.5
1.0000	6.283	2.5	-239.1	-22.5	3970.3	-3679.4	29135.5
1.1000	5.712	2.5	-236.5	-16.0	3920.6	-2869.4	29184.7
1.2000	5.236	2.5	-244.6	-10.0	4061.2	-2208.8	29999.5
1.3000	4.833	2.5	-234.4	-3.9	3913.7	-1034.5	29198.7
1.4000	4.488	2.5	-235.1	-4.2	3914.9	-1415.9	28906.4
1.5000	4.189	2.5	-225.8	-3.2	3760.7	-1235.3	27390.6
1.6000	3.927	2.5	-233.1	-1.9	3885.9	-898.7	28694.1
1.7000	3.696	2.5	-195.8	-1.5	3338.2	-846.1	24243.0
1.8000	3.491	2.5	-233.0	-0.1	3889.5	-580.4	28591.6
1.9000	3.307	2.5	-179.1	-1.6	3053.0	-818.9	21520.0
2.0000	3.142	2.5	-230.8	-0.9	3837.1	-557.5	28159.1


```

*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               May 1, 2017                               *
*                               Storage Tanker (Full Load)                               *
*                               *                               *

```


+++ MEAN DRIFT FORCES FOR KAPAL +++

=====

Drift Name = KAPAL Heading = 135.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force (With No Force Factor) / (Wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER TRANSLATION ROTATION

----- /-----/ /-----/

Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	2.6	-0.3	6.4	4.4	1740.5	58.8
0.2000	31.416	3.7	-4.2	-8.3	67.2	-224.1	602.6
0.3000	20.944	7.0	-21.7	-26.3	347.2	-2609.2	2785.1
0.4000	15.708	13.4	-66.9	-42.0	1067.5	-4717.3	8195.5
0.5000	12.566	22.6	-127.3	-51.3	2039.9	-6066.8	15366.7
0.6000	10.472	31.2	-167.8	-53.8	2715.1	-6558.8	20319.6
0.7000	8.976	37.0	-185.0	-50.4	3020.2	-6325.9	22641.9
0.8000	7.854	40.1	-188.7	-43.2	3105.8	-5602.0	23407.6

0.9000	6.981	41.3	-186.6	-34.5	3091.9	-4657.0	23448.5
1.0000	6.283	41.6	-179.2	-26.2	2989.9	-3721.8	22789.5
1.1000	5.712	40.5	-173.6	-19.7	2898.5	-2938.3	22478.3
1.2000	5.236	40.4	-178.2	-13.9	2989.8	-2252.2	22900.1
1.3000	4.833	39.5	-168.7	-8.8	2842.9	-1371.1	21966.3
1.4000	4.488	39.1	-169.7	-8.1	2865.3	-1536.6	21863.9
1.5000	4.189	38.9	-167.5	-7.0	2830.5	-1206.4	21687.0
1.6000	3.927	38.8	-167.0	-6.3	2825.1	-936.0	21748.9
1.7000	3.696	37.7	-171.1	-6.0	2880.2	-952.5	21892.9
1.8000	3.491	38.1	-167.6	-4.0	2849.2	-474.2	21769.1
1.9000	3.307	35.5	-165.2	-4.7	2787.1	-594.3	20957.6
2.0000	3.142	36.6	-165.7	-5.9	2805.3	-473.7	21403.5

LAMPIRAN B

RESPONSE AMPLITUDE OPERATOR STORAGE TANKER

Full Load 0°

Frequency	period	Surge		sway		heave		roll		pitch		yaw	
(rad/sec)	(sec)	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1	62.83	0.961	83	0	0	0.997	-6	0	0	0.059	-95	0	0
0.2	31.42	0.905	63	0	0	0.969	-27	0	0	0.233	-119	0	0
0.3	20.94	0.75	28	0	0	0.838	-63	0	0	0.496	-159	0	0
0.4	15.71	0.457	-18	0	0	0.517	-113	0	0	0.716	141	0	0
0.5	12.57	0.104	-73	0	0	0.114	-107	0	0	0.602	56	0	0
0.6	10.47	0.106	19	0	0	0.426	-156	0	0	0.068	-170	0	0
0.7	8.98	0.066	-56	0	0	0.056	-5	0	0	0.218	-14	0	0
0.8	7.85	0.032	-2	0	0	0.072	126	0	0	0.053	76	0	0
0.9	6.98	0.011	-51	0	0	0.019	-156	0	0	0.028	-93	0	0
1	6.28	0.008	-39	0	0	0.006	50	0	0	0.017	-35	0	0
1.1	5.71	0.004	-28	0	0	0.003	91	0	0	0.004	-14	0	0
1.2	5.24	0.003	-18	0	0	0.001	125	0	0	0.002	-28	0	0
1.3	4.83	0.002	-3	0	0	0.001	-178	0	0	0.002	-76	0	0
1.4	4.49	0.001	12	0	0	0.001	-71	0	0	0.001	-90	0	0
1.5	4.19	0.001	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6	3.93	0.001	18	0	0	0.001	142	0	0	0.001	158	0	0
1.7	3.7	0.001	16	0	0	0.002	-86	0	0	0.003	-85	0	0
1.8	3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.9	3.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3.14	0	0	0	0	0.001	-171	0	0	0.002	165	0	0

Ballast Load 0°

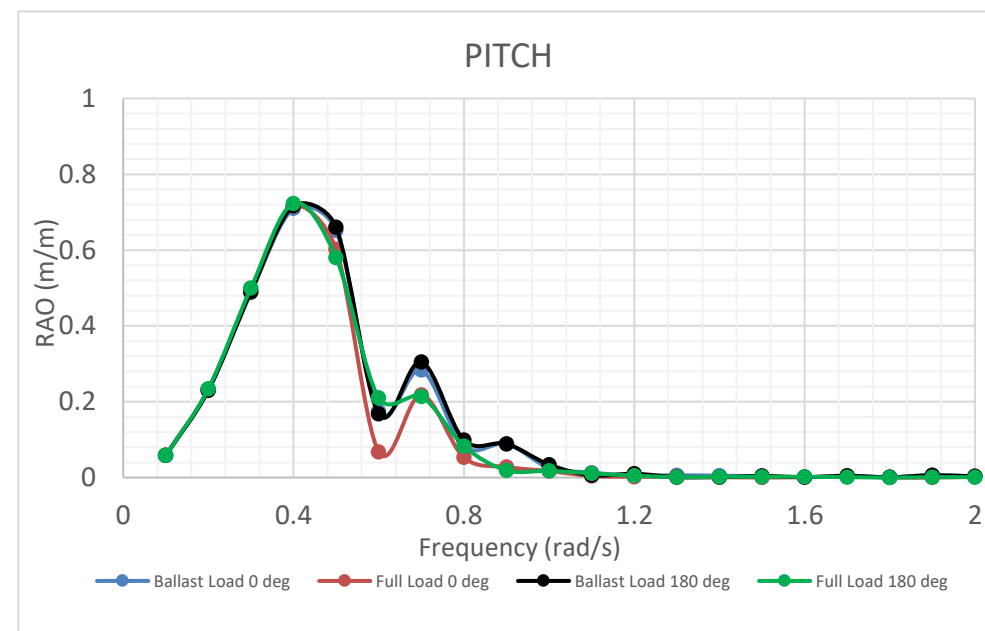
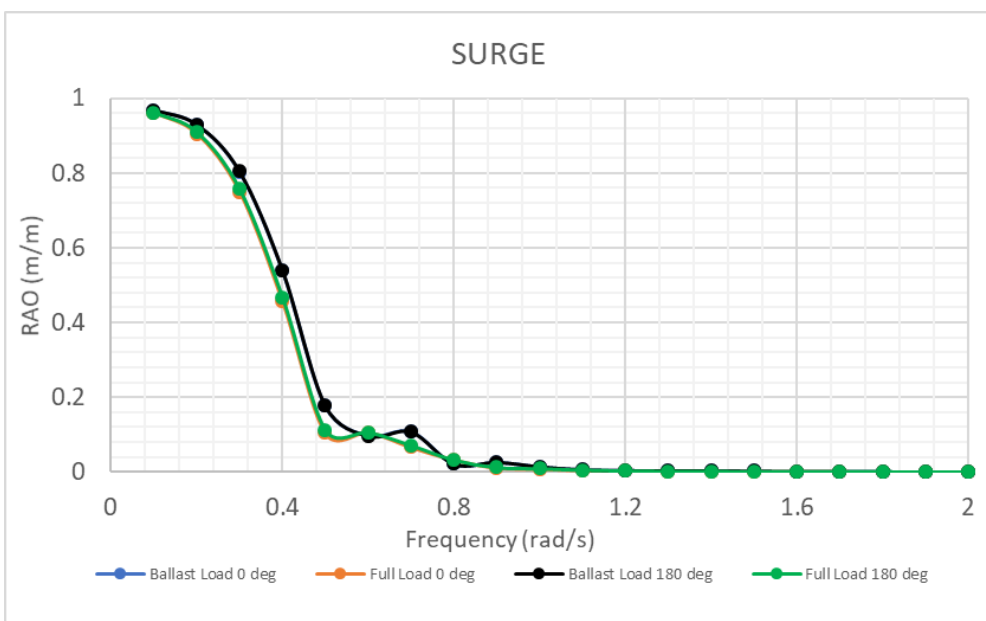
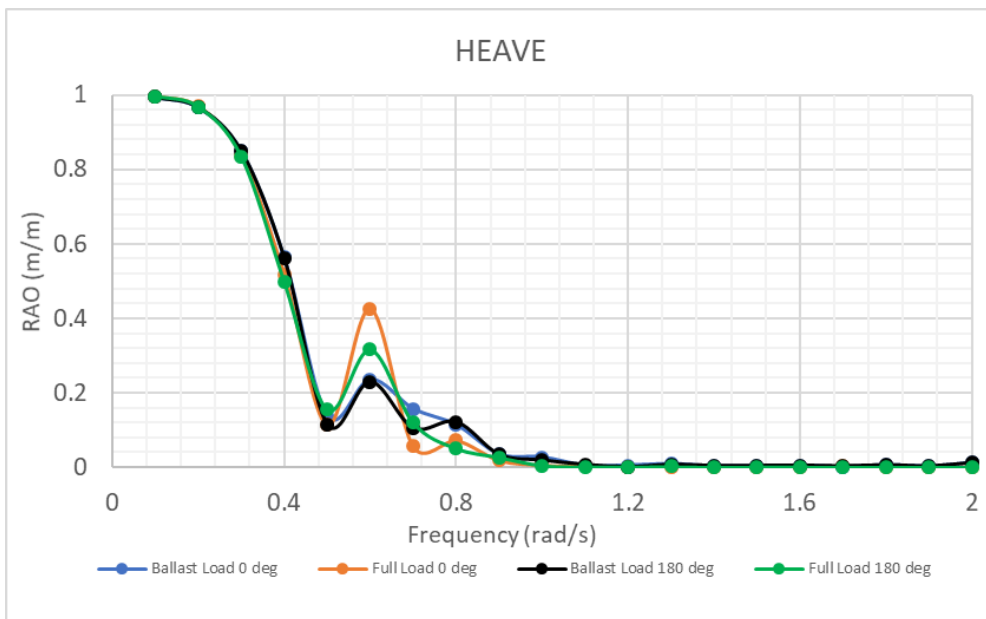
Frequency	period	Surge		sway		heave		roll		pitch		yaw	
(rad/sec)	(sec)	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1	62.83	0.968	83	0	0	0.995	-6	0	0	0.058	-91	0	0
0.2	31.42	0.929	64	0	0	0.967	-26	0	0	0.231	-115	0	0
0.3	20.94	0.803	31	0	0	0.85	-60	0	0	0.488	-151	0	0
0.4	15.71	0.539	-14	0	0	0.563	-107	0	0	0.71	157	0	0
0.5	12.57	0.177	-72	0	0	0.138	-149	0	0	0.652	90	0	0
0.6	10.47	0.098	30	0	0	0.236	-95	0.002	85	0.175	20	0	0
0.7	8.98	0.109	-49	0	0	0.157	179	0	0	0.284	60	0	0
0.8	7.85	0.022	8	0	0	0.114	-171	0	0	0.083	-26	0	0
0.9	6.98	0.027	-73	0	0	0.035	113	0	0	0.089	-26	0	0
1	6.28	0.015	-33	0	0	0.027	102	0	0	0.026	-39	0	0
1.1	5.71	0.007	-8	0	0	0.005	65	0	0	0.013	-74	0	0
1.2	5.24	0.005	8	0	0	0.005	113	0.001	134	0.005	13	0.001	140
1.3	4.83	0.004	12	0	0	0.009	128	0	0	0.006	-147	0	0
1.4	4.49	0.004	12	0	0	0.003	-11	0	0	0.005	-130	0	0
1.5	4.19	0.003	11	0	0	0.003	-35	0	0	0.003	49	0	0
1.6	3.93	0.002	13	0	0	0.005	107	0	0	0.001	-38	0	0
1.7	3.7	0.002	12	0	0	0.001	64	0	0	0.005	179	0	0
1.8	3.49	0.002	-5	0	0	0.006	-158	0	0	0.001	150	0	0
1.9	3.31	0.001	-5	0	0	0.003	135	0	0	0.006	-132	0	0
2	3.14	0.001	-28	0	0	0.012	-119	0	0	0.003	-23	0	0

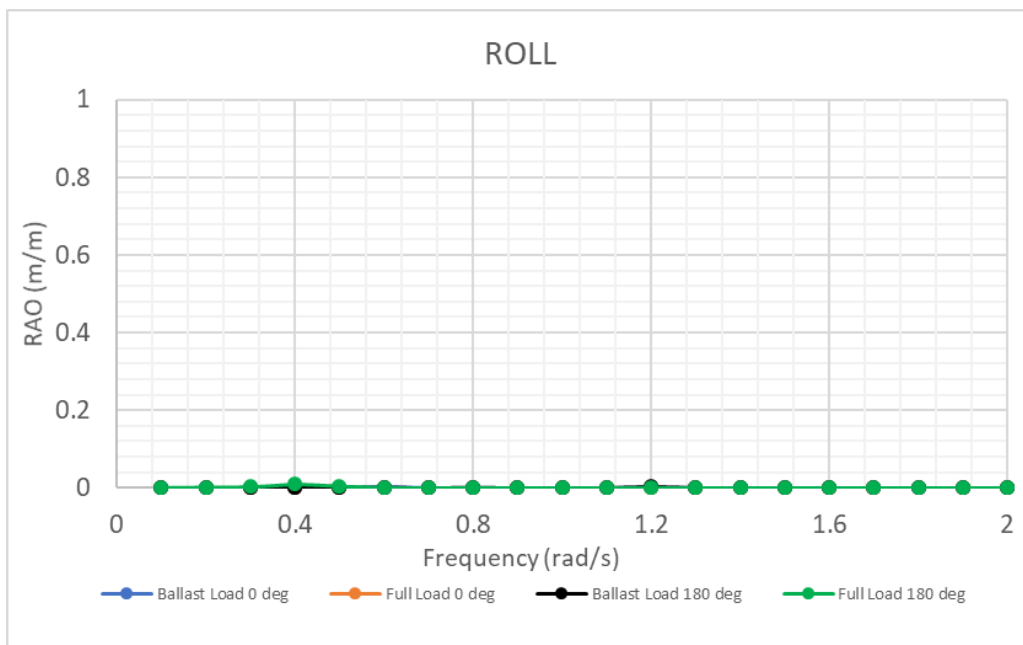
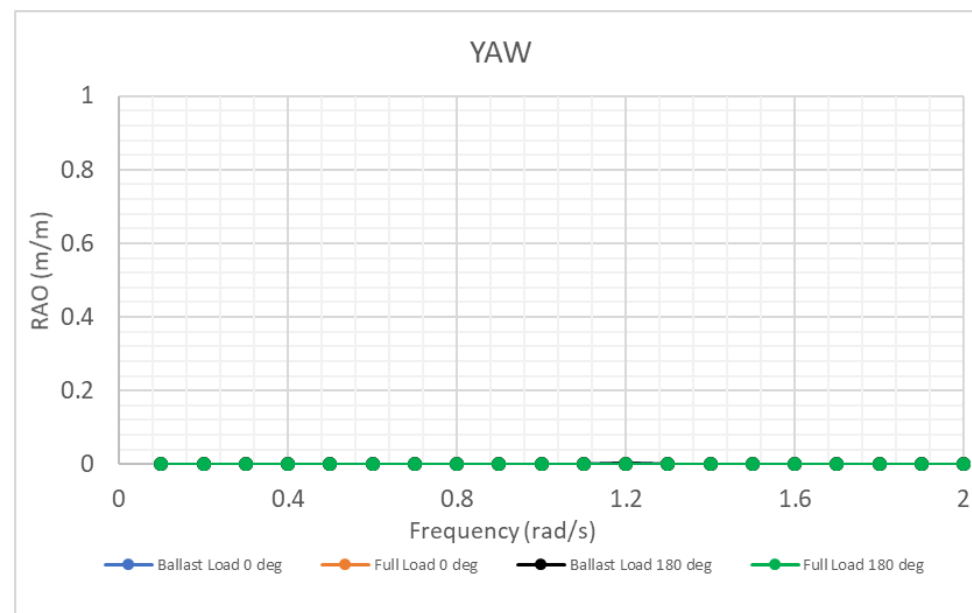
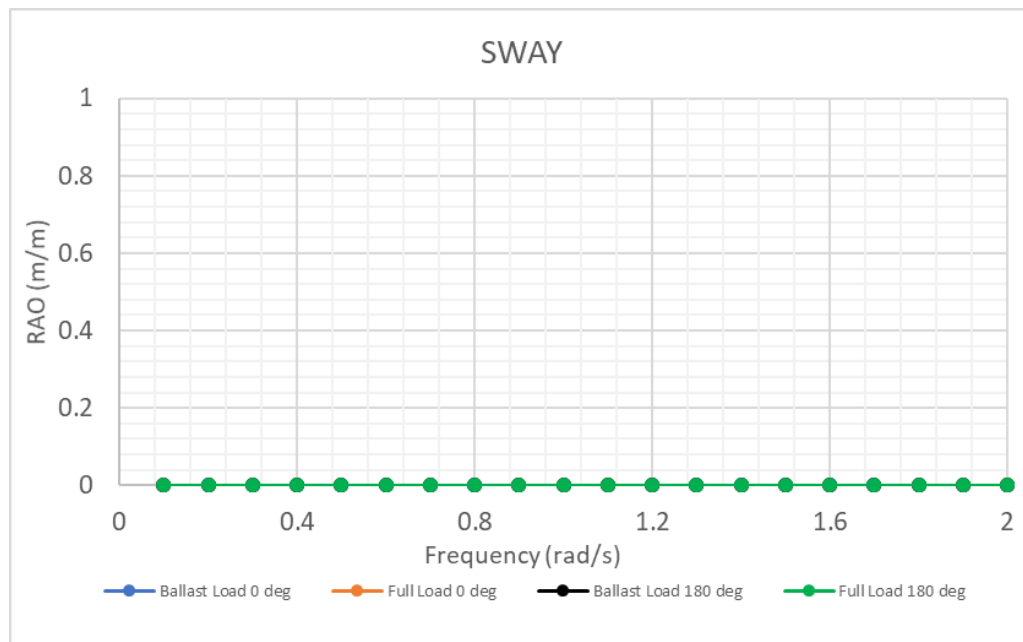
Ballast Load 180°

Frequency	period	Surge		sway		heave		roll		pitch		yaw	
(rad/sec)	(sec)	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1	62.83	0.968	-82	0	0	0.995	7	0	0	0.058	92	0	0
0.2	31.42	0.929	-63	0	0	0.968	27	0	0	0.23	116	0	0
0.3	20.94	0.804	-30	0	0	0.85	59	0	0	0.49	150	0	0
0.4	15.71	0.54	15	0	0	0.562	104	0	0	0.717	-163	0	0
0.5	12.57	0.178	73	0	0	0.115	163	0	0	0.66	-105	0	0
0.6	10.47	0.097	-29	0	0	0.23	43	0.001	-12	0.168	-16	0	0
0.7	8.98	0.108	51	0	0	0.105	136	0	0	0.305	-168	0	0
0.8	7.85	0.022	-8	0	0	0.122	-19	0.001	135	0.099	-20	0	0
0.9	6.98	0.027	75	0	0	0.034	179	0	0	0.089	176	0	0
1	6.28	0.015	34	0	0	0.019	12	0	0	0.034	80	0	0
1.1	5.71	0.007	9	0	0	0.007	-10	0	0	0.006	7	0	0
1.2	5.24	0.005	-7	0	0	0.001	-3	0.003	101	0.01	-24	0.001	100
1.3	4.83	0.004	-11	0	0	0.007	-124	0	0	0.001	122	0	0
1.4	4.49	0.004	-11	0	0	0.004	10	0	0	0.001	151	0	0
1.5	4.19	0.003	-10	0	0	0.004	30	0	0	0.004	-40	0	0
1.6	3.93	0.002	-12	0	0	0.005	-105	0	0	0.001	4	0	0
1.7	3.7	0.002	-11	0	0	0.003	-65	0	0	0.004	-155	0	0
1.8	3.49	0.002	6	0	0	0.006	160	0	0	0.001	-92	0	0
1.9	3.31	0.001	6	0	0	0.003	-137	0	0	0.006	139	0	0
2	3.14	0.001	29	0	0	0.012	121	0	0	0.003	27	0	0

Full Load 180°

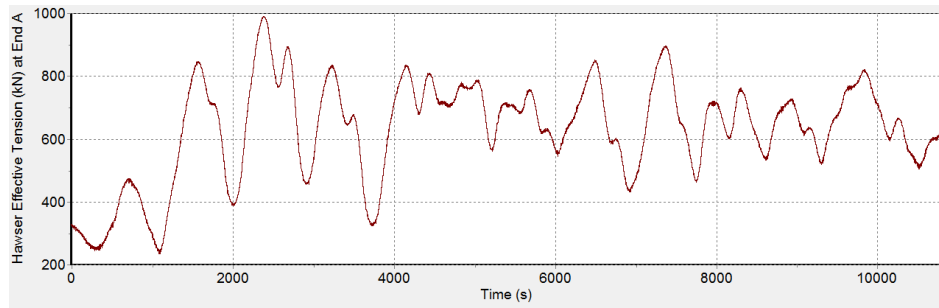
Frequency	period	Surge		sway		heave		roll		pitch		yaw	
(rad/sec)	(sec)	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1	62.83	0.961	-82	0	0	0.997	7	0.001	-165	0.058	96	0	0
0.2	31.42	0.909	-62	0	0	0.968	27	0.002	-125	0.234	119	0	0
0.3	20.94	0.757	-28	0	0	0.834	59	0.003	-65	0.5	155	0	0
0.4	15.71	0.468	18	0	0	0.497	98	0.01	2	0.723	-157	0	0
0.5	12.57	0.113	75	0	0	0.155	37	0.005	-94	0.58	-103	0	0
0.6	10.47	0.106	-20	0	0	0.316	22	0.001	77	0.21	98	0	0
0.7	8.98	0.071	58	0	0	0.12	-140	0	0	0.214	-176	0	0
0.8	7.85	0.032	1	0	0	0.051	-9	0	0	0.083	47	0	0
0.9	6.98	0.012	58	0	0	0.027	-98	0	0	0.019	-121	0	0
1	6.28	0.009	40	0	0	0.005	-123	0	0	0.018	155	0	0
1.1	5.71	0.005	25	0	0	0.001	-170	0	0	0.011	139	0	0
1.2	5.24	0.003	13	0	0	0.001	133	0	0	0.005	143	0	0
1.3	4.83	0.002	0	0	0	0.002	-110	0	0	0.001	-166	0	0
1.4	4.49	0.002	-12	0	0	0	0	0	0	0.002	169	0	0
1.5	4.19	0.001	-22	0	0	0.001	-75	0	0	0.002	-105	0	0
1.6	3.93	0.001	-20	0	0	0.001	-19	0	0	0.002	32	0	0
1.7	3.7	0.001	-17	0	0	0	0	0	0	0.001	135	0	0
1.8	3.49	0.001	-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.9	3.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	109	0	0
2	3.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	-15	0	0



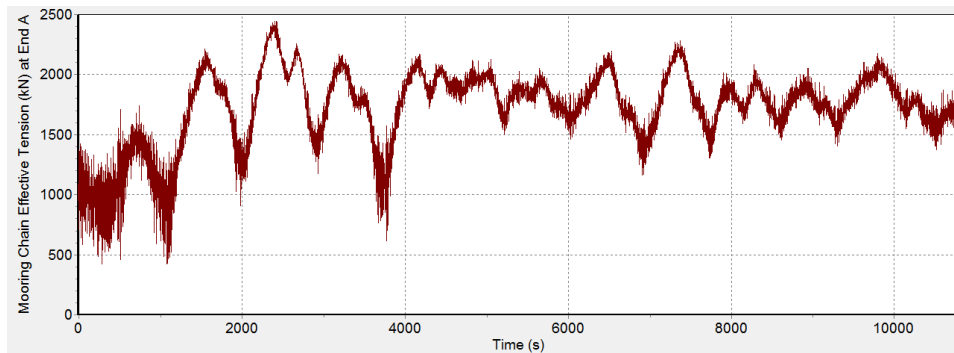


LAMPIRAN C
HASIL TENSION DARI SOFTWARE
ORCAFLEX

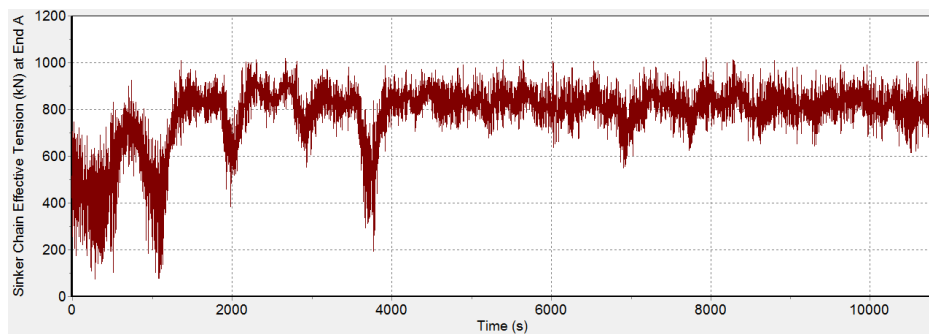
1. Grafik Tension Mooring Kondisi Kapal Full Load



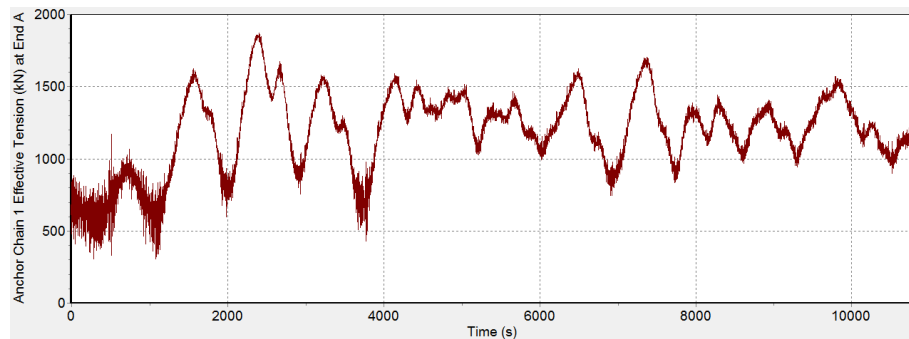
Gambar 1. *Tension Hawser Full Load*



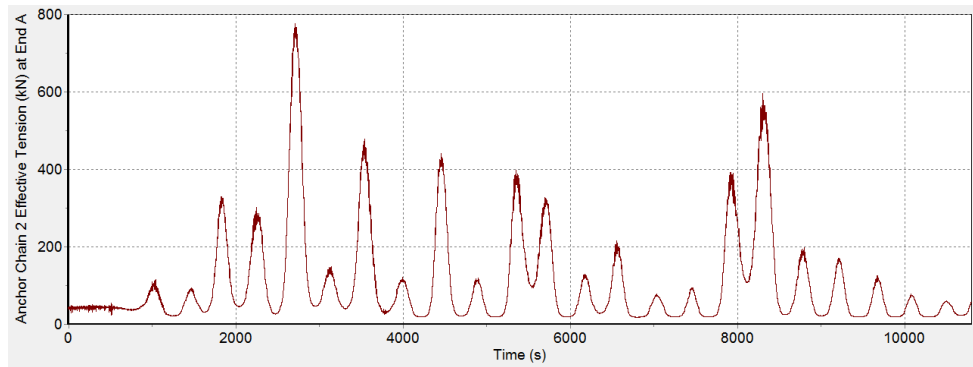
Gambar 2. *Tension Mooring Chain Full Load*



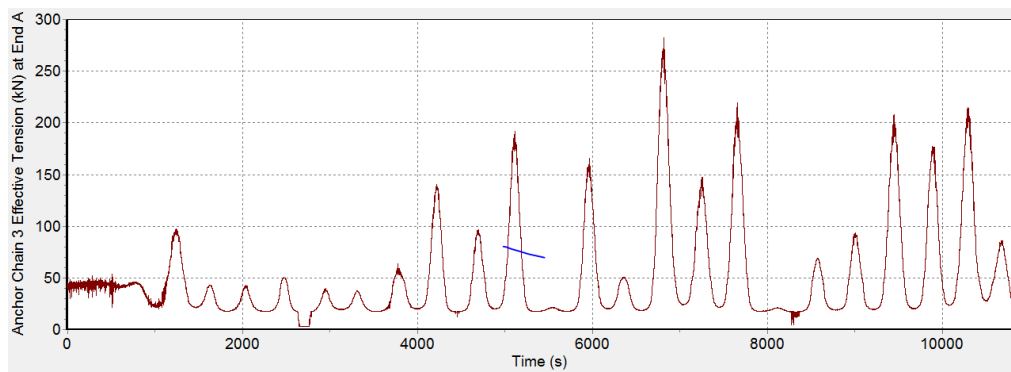
Gambar 3. *Tension Sinker Chain Full Load*



Gambar 4. *Tension Anchor Chain 1 Full Load*

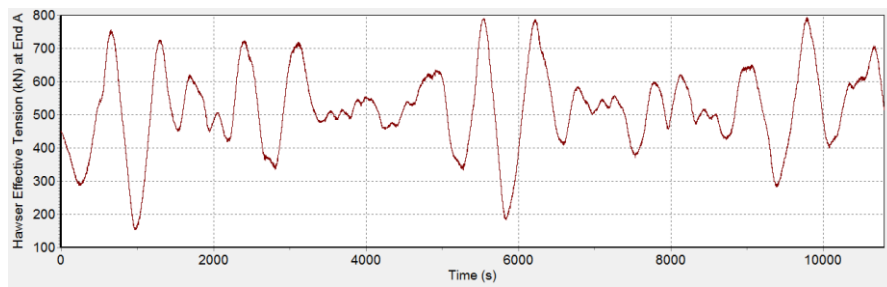


Gambar 5. *Tension Anchor Chain 2 Full Load*

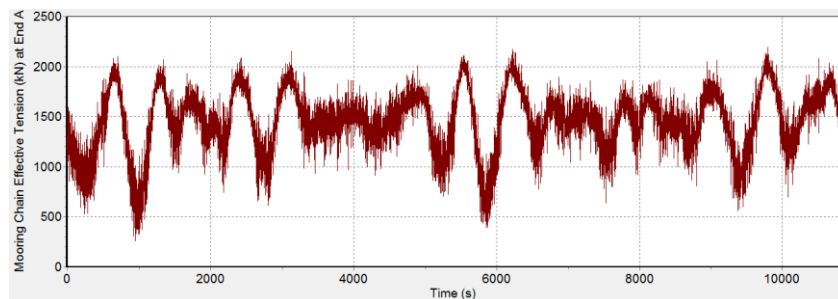


Gambar 6. *Tension Anchor Chain 3 Full Load*

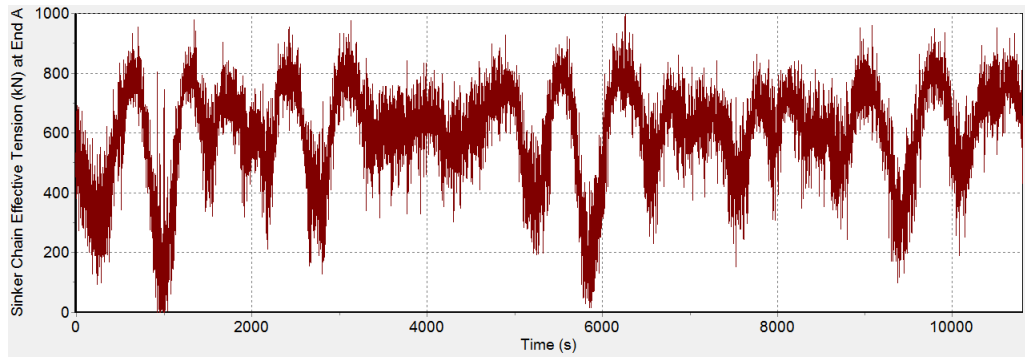
2. Grafik Tension Mooring Kondisi Kapal Ballast Load



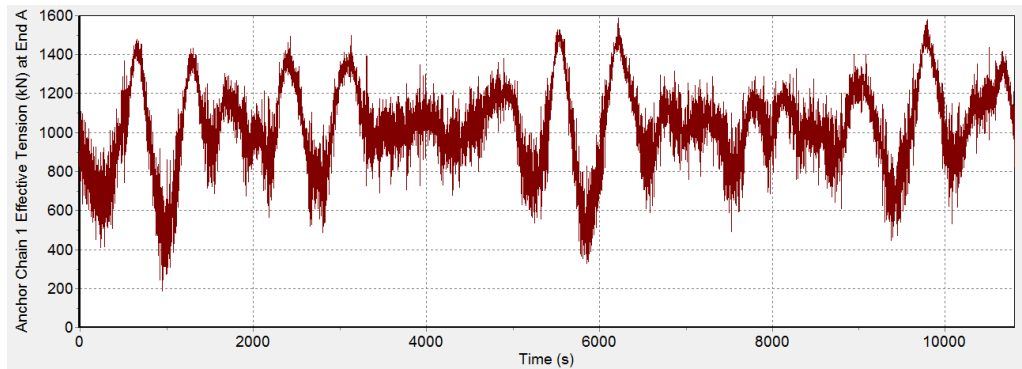
Gambar 7. *Tension Hawser Ballast Load*



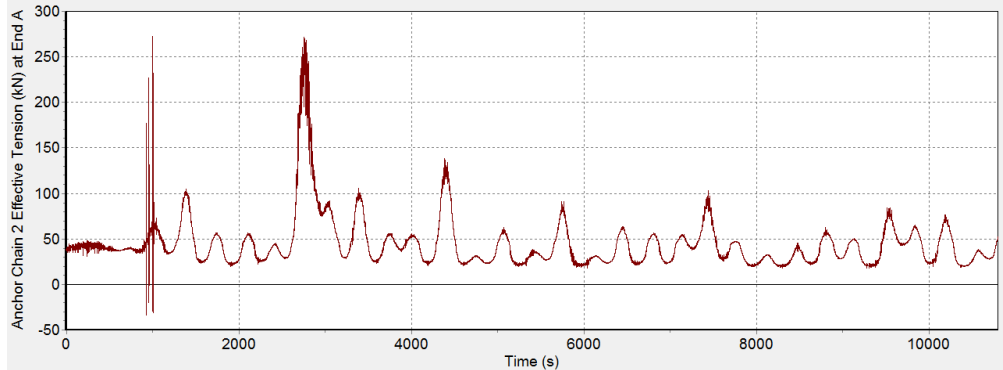
Gambar 8. *Tension Mooring Chain Ballast Load*



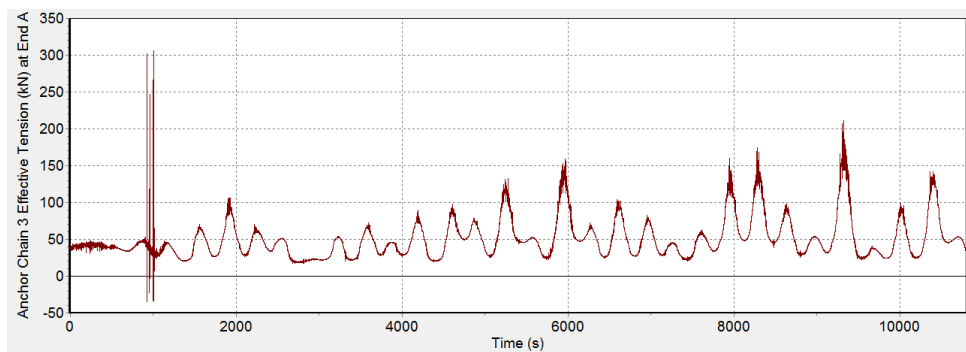
Gambar 9. *Tension Sinker Chain Ballast Load*



Gambar 10. *Tension Anchor Chain 1 Ballast Load*



Gambar 11. *Tension Anchor Chain 2 Ballast Load*



Gambar 12. *Tension Anchor Chain 3 Ballast Load*

BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Claudio Cendekiawan lahir di Surabaya pada tanggal 8 Agustus 1995, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan formal di SDN Baratajaya Surabaya, SMP Negeri 23 Surabaya dan SMA Negeri 15 Surabaya. Setelah lulus pada tahun 2013, penulis mengikuti program Seleksi Bermasa Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan diterima di Departemen Teknik Kelautan dan terdaftar dengan NRP 431310093. Penulis memiliki hobi bermain

futsal basket, dan DOTA2. Selain kesibukan dalam kuliah penulis juga ikut serta dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan sebagai Staff Departemen Minat dan Bakat pada periode 2014 – 2015 dan Wakil Departemen Minat dan Bakat pada periode 2015 – 2016. Penulis juga ikut serta kepanitian intra kampus, menjadi Staff Hubungan Masyarakat OCEANO 2014 dan Koordinator Public Relation OCEANO 2015. Pada bulan Juni – Agustus 2016, penulis berkesempatan Kerja Praktek di PT. Spektra Megah Semesta Surabaya, dimana penulis memperoleh banyak pengetahuan tentang inspeksi pengelasan *non destructive testing* (NDT). Dalam tugas akhir ini penulis mengambil bidang hidrodinamika dengan kajian mengenai analisis tegangan lokal pada *swivel multi leg anchor mooring*.

Kontak Penulis

Email : dio.cendekiawan@gmail.com

No. HP/WhatsApp : 081357027332